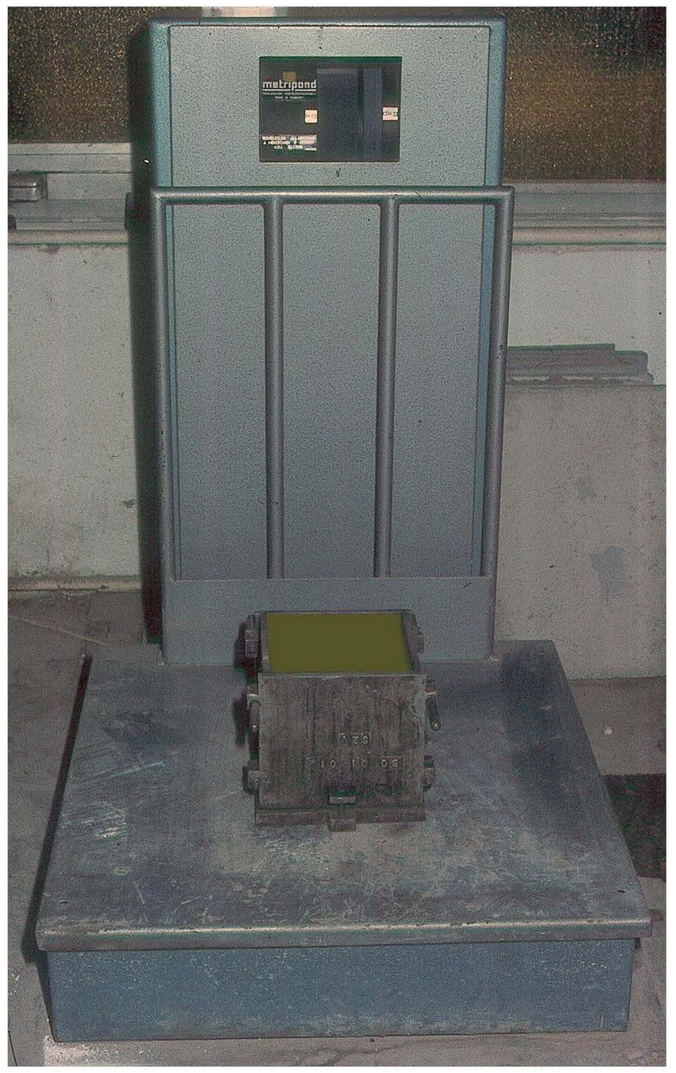
Friss beton témaköre	
Friss beton levegőtartalma *(2008. január)*	
Levegőtartalom, légtartalom. Fogalom *(2008. december)*	
Konzisztencia	Konzisztencia osztályok és mérőszámok *(2001. november)*
	Fogalom *(2003. március)*
	Konzisztencia átszámítási ábrák *(2009. március)*
Roskadási mérték	Laboratóriumi ismeret *(2002. április)*
	Fogalom *(2003. április)*
Roskadás mérés ismétlési és összehasonlítási feltételei *(2002. április)*	
Terülési mérték	Laboratóriumi ismeret *(2002. április)*
	Fogalom *(2003. május)*
Tömörítési mérték	Fogalom *(2003. július-augusztus)*
Vebe-féle átformálási mérték	Laboratóriumi ismeret *(2002. április)*
	Fogalom *(2003. június)*
Önterülő-öntömörödő beton konzisztenciájának mérése *(2007. március, frissítve: 2011. október)* Fékezőgyűrűs terülési vizsgálat; rövid film *(2011. október)* **Lásd: Videó. Öntömörödő beton** Tölcséres kifolyási vizsgálat; rövid film *(2011. október)* **Lásd: Videó. Öntömörödő beton**	
SZIKKTI Betonosztály (beleértve: ÉaKKI, SZIKKI, BETONOLITH) tevékenysége, 1953-1996 *(Frissítve: 2009. augusztus)* **Lásd: SZIKKTI....Betonosztályának emléke**	
Ujhelyi János és **Popovics Sándor** kutatási eredményei **Lásd: PÁLYATÁRSAK írásai**	
XA4(H) - XA6(H) környezeti osztályú korrózióálló betonok péptartalma *(2017. július)*	

A BEDOLGOZOTT FRISS BETON LEVEGŐTARTALMA

A friss beton levegőtartalmának meghatározása testsűrűségmérés eredményéből számítással



A friss beton tapasztalati és tervezett testsűrűségének hányadosa:

$$r = \frac{\rho_{friss\ beton\ tapasztalati}}{\rho_{friss\ beton\ tervezett}} \quad azaz$$

$$\rho_{friss\ beton\ tapasztalati} = r \cdot \rho_{friss\ beton\ tervezett}$$

A levegőtartalom *tervezett* értéke:

$$V_{levegő} = 1000 - \frac{M_{cement}}{\rho_{cement}} - \frac{M_{adalékanyag}}{\rho_{adalékanyag}} - \frac{M_{víz}}{\rho_{víz}} \quad [liter/m^3]$$

A bedolgozott friss beton *tervezett* testsűrűsége:

$$\rho_{friss\ beton\ tervezett} = M_{cement} + M_{adalékanyag} + M_{víz} \quad [kg/m^3]$$

A bedolgozott friss beton *tapasztalati* (tényleges) testsűrűsége:

$$\rho_{friss\ beton\ tapasztalati} = M'_{cement} + M'_{adalékanyag} + M'_{víz} =$$

$$= r \cdot \rho_{friss\ beton\ tervezett} = r \cdot \left(M_{cement} + M_{adalékanyag} + M_{víz}\right) =$$

$$= r \cdot M_{cement} + r \cdot M_{adalékanyag} + r \cdot M_{víz} \quad [kg/m^3]$$

A bedolgozott friss beton *tapasztalati* (tényleges) levegőtartalma:

$$V'_{levegő} = 1000 - r \cdot (betonösszetevők\ tervezett\ térfogata) =$$

$$= 1000 - r \cdot \left(\frac{M_{cement}}{\rho_{cement}} + \frac{M_{adalékanyag}}{\rho_{adalékanyag}} + \frac{M_{víz}}{\rho_{víz}} \right) =$$

$$= 1000 - r \cdot (1000 - V_{levegő}) = (1 - r) \cdot 1000 + r \cdot V_{levegő} \quad [liter / m^3]$$

Például: ha $M_{\text{cement tervezett}} = 300$ kg/m^3; $V_{\text{levegő tervezett}} = 20$ liter/m^3

$\rho_{\text{friss beton tervezett}} = 2400$ kg/m^3; és $\rho_{\text{friss beton tapasztalati}} = 2300$ kg/m^3

akkor $r = 2300/2400 = 0{,}95833$ és $V'_{\text{levegő tapasztalati}} = (1 - 0{,}95833) \cdot 1000 + 0{,}95833 \cdot 20 =$

$= 41{,}67 + 19{,}17 = 60{,}84$ liter/m^3,

azaz a tapasztalati (tényleges) levegőtartalom a tervezett 2 térfogat% helyett 6,1 térfogat%,

és a beton tényleges cementtartalma: $M'_{\text{cement}} = r \cdot M_{\text{cement}} = 0{,}95833 \cdot 300 = 287{,}5$ kg/m^3.

Megjegyzés: A friss beton testsűrűségét az MSZ EN 12350-6:2000 szabvány szerint kell meghatározni.

A friss beton levegőtartalmának meghatározása nyomásmódszerrel

Egy nyomástartó készülékbe ismert tömegű és térfogatú beton fölé vízréteget öntünk, majd a készülékben meghatározott mértékű légnyomást hozunk létre, majd a túlnyomást fokozatosan megszüntetjük. A nyomás, illetve a térfogat csökkenése a légpórustartalmat adja meg térfogatszázalékban. A módszer legfeljebb 32 mm szemnagyságú betonok vizsgálatára alkalmas.

A készülék lehet **„A”** típusú, amely víznyomással működik, és a nyomáscsökkenést méri, vagy **„B”** típusú, amely levegőnyomással működik, és a térfogatcsökkenést méri. Mindkét típusú mérőeszköznek tartozéka a kalibráló-berendezés.

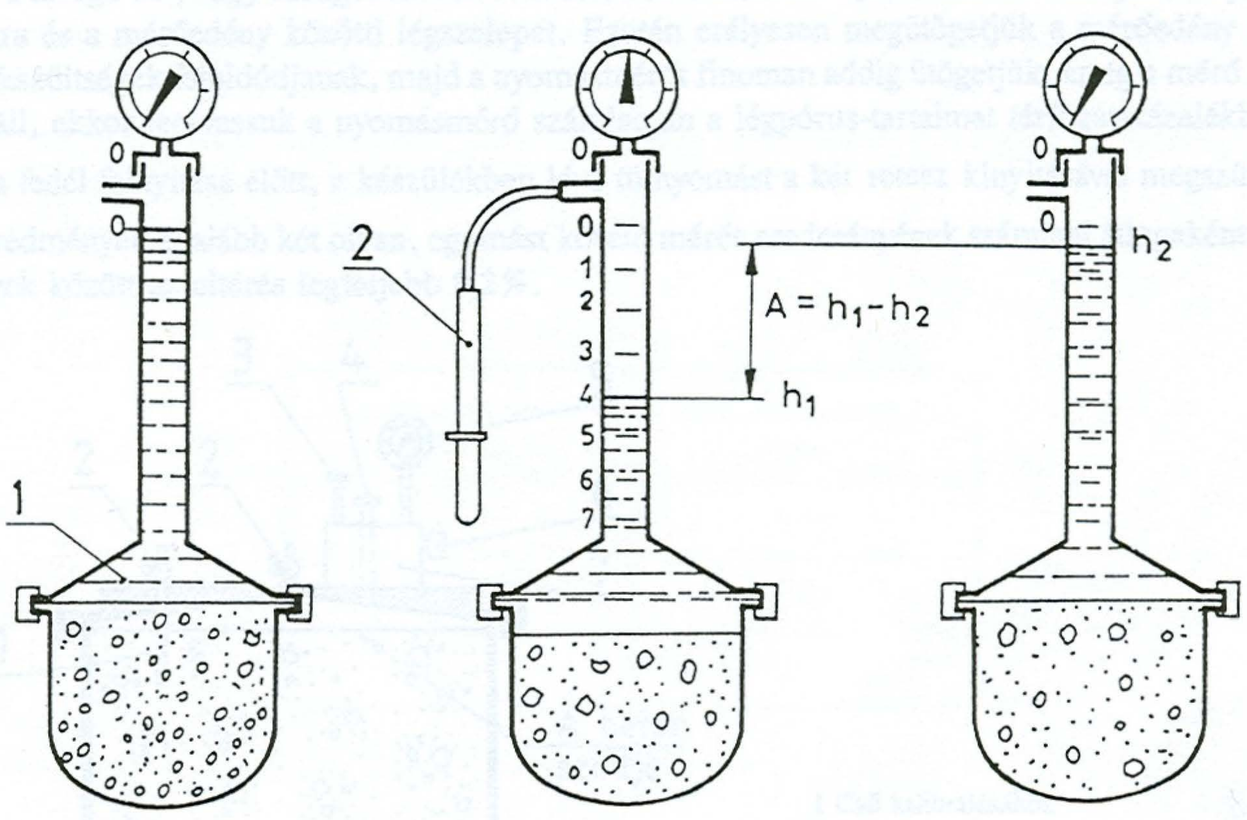
A vizsgálat előkészítéseként a betont a készülék edényébe kell helyezni, lehetőleg két azonos magasságú rétegben be kell vibrálni, a bevibrált beton felületét simítóléccel, fűrészelő mozdulatokkal úgy kell lesimítani, hogy az edény felső pereméig éppen tele legyen betonnal. Megtisztítás után az edényt a készülék tetejével le kell zárni.

A vizsgálatok eredményét legalább két olyan, egymást követő mérés eredményének számtani átlagaként számítjuk ki, amelyek között az eltérés legfeljebb 0,2 %.

Megjegyzés: A friss beton levegőtartalmát ma az MSZ EN 12350-7:2000 szabvány szerint kell meghatározni, lényegében ugyanúgy (közel hasonlóan), ahogy azt az MSZ 4714-2:1986 szabvány szerint végeztük. Az európai szabványban németül az **„A”** típusú készülék a „Wassersäulenmeßgerät” nevet (az eljárás neve: „Wassersäulenverfahren”), a **„B”** típusú készülék a „Druckmeßgerät” nevet (az eljárás neve: „Druckausgleichsverfahren”) viseli.

A

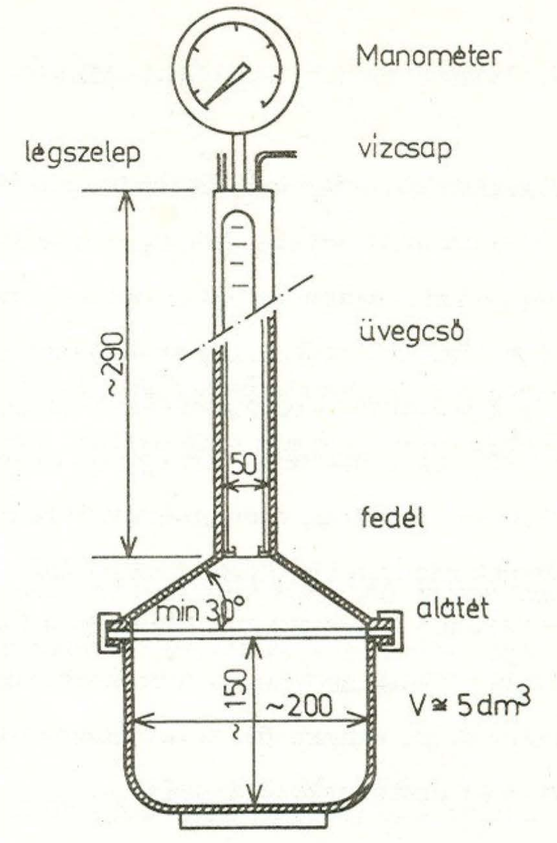
A friss beton levegőtartalmának meghatározása „A” típusú levegőtartalom vizsgáló készülékkel, amely víznyomással működik, és a nyomáscsökkenést méri



1. Víz
2. Légszivattyú

A típusú készülék

„A” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék ábrája az MSZ 4714-2:1986 szabványból



ME 19-63 szerinti légpórustartalom készülék

„A” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék ábrája *Weiss György* (1974) könyvéből

A készüléket összeállítás után jelzésig vízzel feltöltjük. A készüléket a függőlegestől mintegy 30° ra megdöntjük, és azzal több teljes kört leírunk, egyidejűleg könnyedén ütögetve a fedelet, hogy a minta felett képződött légbuborékok eltávozzanak. Ezután a berendezést ismét függőleges helyzetbe hozzuk, és könnyedén ütögetve a mérőedény oldalát, azt vízzel feltöltjük úgy, hogy a víz szintje a 0 jelzés fölött legyen. A víz tetejéről a habot eltávolítjuk, hogy éles felszíngörbület képződjék. A víz szintjét a cső 0 jelzésére állítjuk a vízoszlop tetején lévő szeleppel. A készülékben a megadott nyomásnál néhány százalékkal nagyobb nyomást létesítünk. A helyi feszültségek feloldása céljából erősen ütögetjük a berendezés oldalát és leolvassuk a h_1 vízszintet. Ezután a vízoszlop tetején lévő

szelep segítségével a túlnyomást fokozatosan megszüntetjük és – a mérőedény oldalát egy percig könnyedén ütögetve – leolvassuk a h_2 vízszintet.

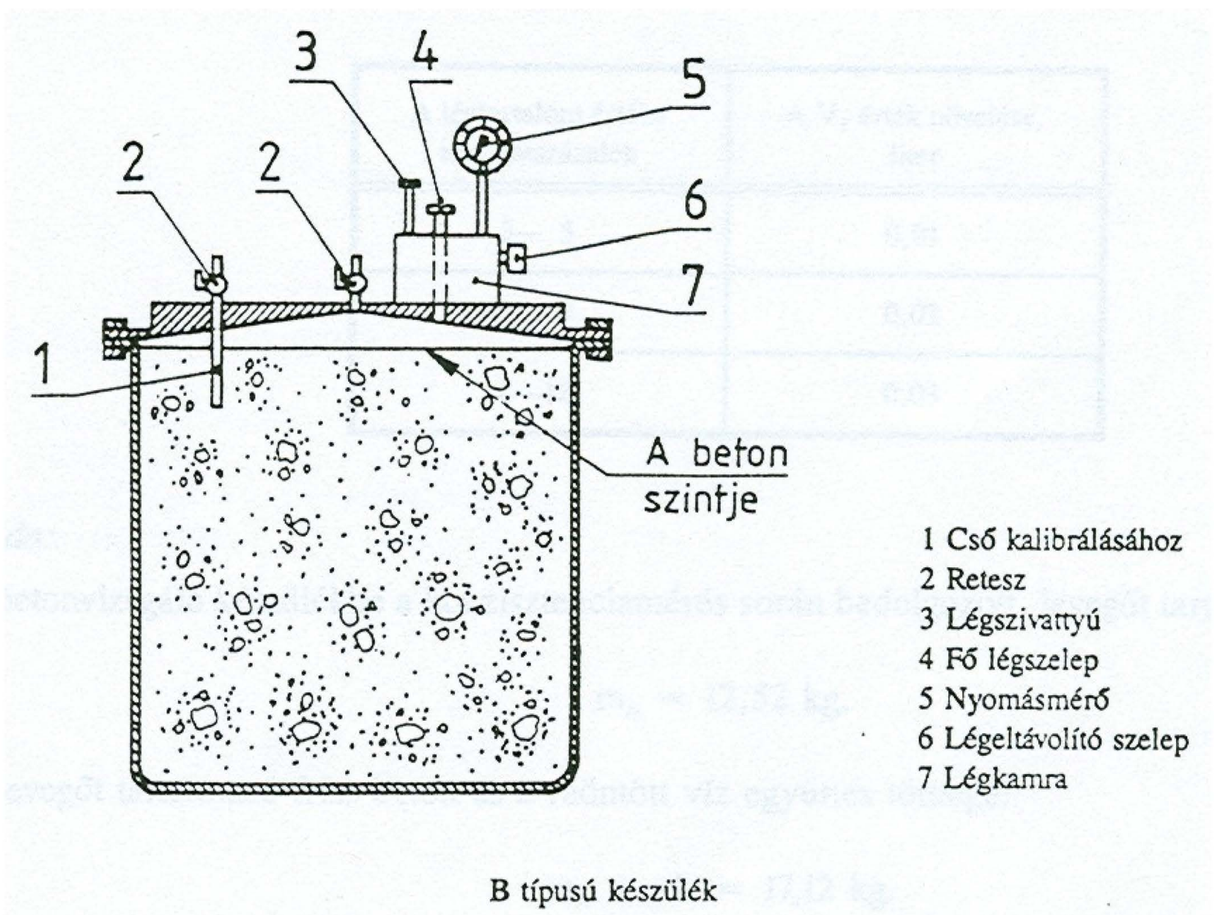
A légpórustartalmat térfogatszázalékban (L) az alábbi képlettel számítjuk ki: $L = h_1 - h_2$ Ezután a mérést megismételjük anélkül, hogy a vízszint 0-ra állna.

Ha az alkalmazott vizsgálati nyomás mellett a légpórustartalom nagyobb, mint ami a mérőeszköz skáláján mérhető, a vizsgálati nyomást csökkentjük, és a vizsgálatot megismételjük.

Ha a készülékben lévő nyomást a légköri 1 at nyomásról a légszelep segítségével 2 at abszolút nyomásra növeljük, akkor az üvegcső beosztásán leolvasott Δv térfogatváltozás a légpórustartalom fele ($v/2$). A skálán akkor lehet a levegőtartalmat közvetlenül leolvasni, ha 0,5 cm^3-t jelölnek 1,0 cm^3-rel.

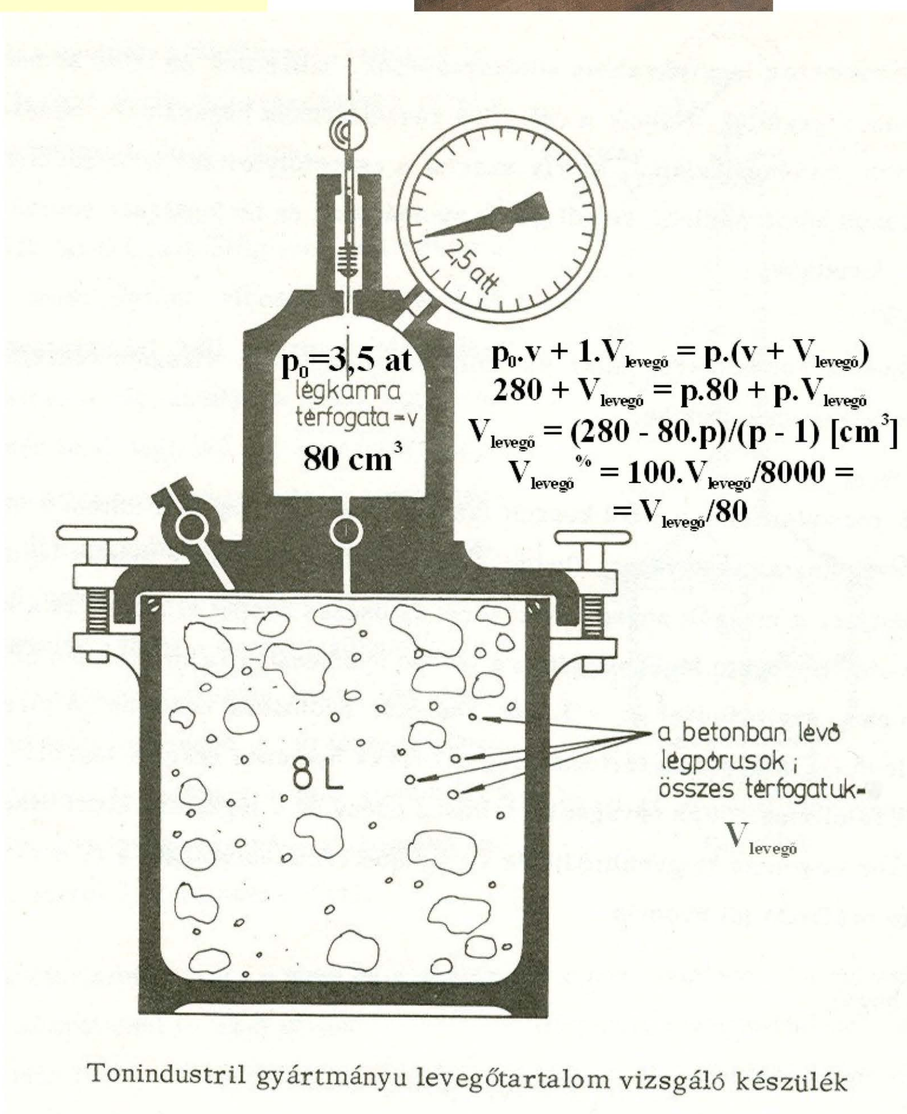
B

A friss beton levegőtartalmának meghatározása „B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülékkel, amely levegőnyomással működik, és a térfogatcsökkenést méri



B típusú készülék

„B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék ábrája az MSZ 4714-2:1986 szabványból



Tonindustril gyártmányu levegőtartalom vizsgáló készülék

„B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék ábrája *Weiss György* (1974) könyvéből

A készülék összeállítása után elzárjuk a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet, és kinyitjuk a fedélen lévő nyílások reteszeit. Ezután a készülékbe az egyik nyíláson keresztül addig töltünk vizet, amíg a víz a másik nyílásnál meg nem jelenik. A készüléket addig rázogatjuk, amíg a minta felett képződött légbuborékok el nem távoznak az edényből.

Ezután a légkamra szelepét elzárjuk, és annyi levegőt nyomunk a légkamrába, hogy a légnyomásmérő mutatója a kezdőnyomás vonalán álljon. 10 másodpercig várunk, majd a mérő mutatóját a kezdeti nyomásértékre visszaállítjuk a levegő be-, vagy kiengedésével. A fedélen lévő mindkét nyílás reteszét lezárjuk, majd kinyitjuk a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet. Ekkor a légkamrában és az edényben lévő nyomás kiegyenlítődik. Ezután erélyesen megütögetjük a mérőedény oldalát, hogy a helyi feszültségek

feloldódjanak, majd a nyomásmérőt finoman addig ütögetjük, amíg a mérő mutatója meg nem áll, ekkor leolvassuk a nyomásmérő számlapján a légpórustartalmat térfogatszázalékban.

Mérés után, a fedél felnyitása előtt, a készülékben lévő túlnyomást a két retesz kinyitásával megszüntetjük.

Az eredeti *Tonindustrie* készülék $V = 80$ cm^3 térfogatú légkamrájában a levegő nyomását a kézi pumpa segítségével $p_0 = 3{,}5$ at abszolút nyomásra növeljük. A betonban lévő ismeretlen térfogatú (v) légbuborékok nyomása a légköri 1 at nyomásnak felel meg. A légkamra és az edény összenyitása után a ($V + v$) össztérfogatban uralkodó nyomás p, amiből a beton levegőtartalma (v) a fenti ábra szerint kiszámítható. Az újabb készülékek manométerének skáláján a p nyomás helyett közvetlenül a levegőtartalom olvasható le.

„B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék

Kilenc éven át volt érvényben az MSZ ISO 4848:1992 „A friss betonkeverék levegőtartalmának meghatározása nyomásmódszerrel” című nemzetközi szabvány, amely e dolgozat végén, a „Felhasznált irodalom” után olvasható.

MEGJEGYZÉS

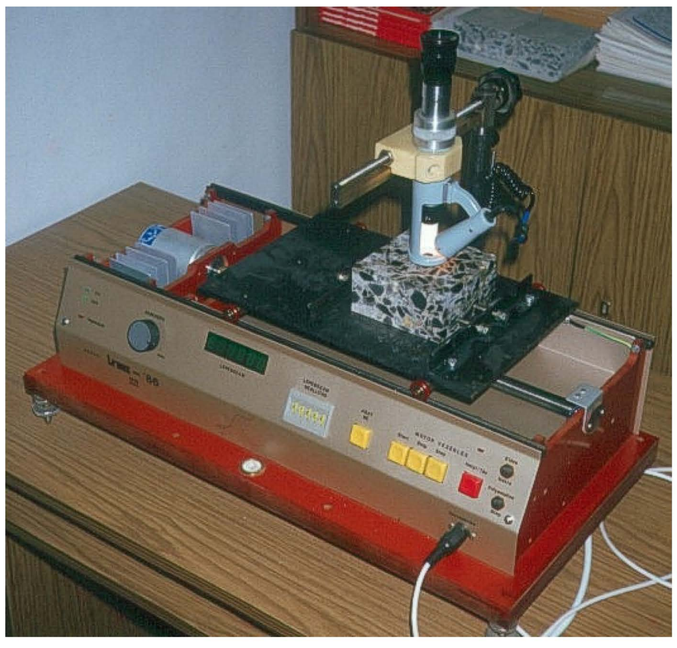
A friss beton megengedett levegőtartalma az MSZ 4798-1:2004 szabvány környezeti osztályai szerint (lásd ott) általában legfeljebb 2 térfogat%, a vízzáró betoné legfeljebb 1 térfogat%. A légbuborékképző adalékszer nélkül készített fagyálló, függőleges felületű betoné (XF1 környezeti osztály) legfeljebb 2 térfogat%, fagyálló, vízszintes felületű betoné (XF3(H) környezeti osztály), illetve fagy- és olvasztósó-álló függőleges felületű betoné (XF2(H) környezeti osztály) legfeljebb 1,5 térfogat% legyen.

A légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton (XF2, XF3, XF4 környezeti osztály) esetén a képzett (bevitt) levegőtartalom - a bennmaradt levegőtartalmon felül - legalább 4 térfogat% legyen.

A friss beton levegőtartalmát (*légpórus*tartalmát), – amely akaratunk ellenére jön létre – **bennmaradt levegőnek** szokás nevezni, szemben a **képzett levegőnek** nevezett *légbuborék*tartalommal, amelyet légbuborékképző adalékszerrel szándékosan hozunk létre a beton fagy- és olvasztósó-állóságának javítása céljából. A légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton (XF2, XF3, XF4 környezeti osztály) esetén a képzett (bevitt) levegőtartalom a friss betonon mérve – a bennmaradt levegőtartalmon felül – legalább 4 térfogat% legyen (MSZ 4798-1:2004).

A légbuborékok gömb vagy közel gömb alakúak, és hatékonynak tekintett átmérőjük jellegzetesen 10 μm és 300 μm között van (MSZ 4798-1:2004).

A megszilárdult betonon a légbuborékok méreteloszlását az MSZ EN 480-11:2006 szerint mikroszkóppal kell vizsgálni. A vizsgálat egyik eredménye a távolsági tényező, amely az MSZ 1798-1:2004 szabvány szerint $\leq$ 0,22 mm kell legyen (MSZ 4798-1:2004). Az MSZ EN 934-2:2002 szabvány ennél szigorúbb, ugyanis azt a légbuborékképző adalékszert tekinti megfelelőnek, amely $\leq$ 0,20 mm távolsági tényezőt hoz létre. A teljes levegőtartalom 4-6 térfogat% között kell legyen. 28 napos korban a légbuborékképző adalékszerrel készült beton nyomószilárdságának el kell érnie a légbuborékképző adalékszer nélkül készített ellenőrző beton nyomószilárdságának 75 %-át.



25-szörös nagyítású Brinell-mikroszkóp (osztástávolság: 0,05 mm) felhasználásával házilag készített optikai berendezés a légbuborékok eloszlásának meghatározására

Felhasznált irodalom

MSZ 4714-2:1986	A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A betonalkotók mennyiségének, a beton testsűrűségének és légpórustartalmának meghatározása
MSZ 4798-1:2004	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon
MSZ EN 480-11:2006	Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 11. rész: A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása
MSZ EN 934-2:2002	Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés. Módosítva: MSZ EN 934-2:2001/A1:2005 és MSZ EN 934-2:2001/A2:2006 szám alatt
MSZ EN 12350-6:2000	A friss beton vizsgálata. 6. rész: Testsűrűség
MSZ EN 12350-7:2000	A friss beton vizsgálata. 7. rész: Légtartalom. Nyomásmódszerek
MSZ ISO 4848:1992	A friss betonkeverék levegőtartalmának meghatározása nyomásmódszerrel (A szabványt 2001. november 1-én visszavonták)
Weiss György:	Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. pp. 187-189. Építésügyi Tájékoztatási Központ, Budapest, 1974.

	Levegőtartalom, légtartalom	

Németül:	Luftgehalt
Angolul:	Air content
Franciául:	Teneur en air

A beton a leggondosabb tömörítés ✣ ellenére is tartalmazhat pórusokat (Pórusszerkezet ✣), amelyeket a beton korától ✣, (Hidratáció ✣) és víztartalmi állapotától ✣, (Víztartalom ✣) függően többé-kevesebbé levegő tölti ki. Levegőtartalomnak az egységnyi térfogatú bedolgozott friss betonban lévő levegő által kitöltött tér térfogatát, más szóval a friss betonban lévő levegő és a bedolgozott friss beton befoglaló térfogatának hányadosát nevezzük. A levegőtartalom nevezetlen szám, amelyet sokszor térfogat%-ban fejezzük ki. A bedolgozott friss betonban szándékunk ellenére maradt levegőt *bennmaradt* levegőtartalomnak, a légbuborékképző adalékszerrel szándékosan bevitt levegőt *bevitt* vagy *képzett* levegőtartalomnak nevezzük (MSZ 4798-1:2004). A friss beton levegőtartalmának fogalma rokonítható a megszilárdult beton porozitásának (Tömörség ✣) fogalmával.

A beton szilárdságát ✣ és tartósságát ✣ jelentős mértékben befolyásolja a beton tömörsége ✣, hézagtartalma, lényegében levegőtartalma. „A beton próbatest nyomószilárdság vizsgálati eredményét a próbatest hiányos tömörítése miatti levegőtartalom jelentős mértékben rontja a jól tömörített betonhoz viszonyítva. Minden 1% levegőtartalom-növekmény a beton nyomószilárdságának – jó közelítéssel – 4-5 százalékos csökkenését okozza..." (MSZ 4798-1:2004). Adott pépigényű ✣ adalékanyagból ✣ készített, adott víz-cement tényezőjű ✣, különböző péptartalmú, jól tömörített betonkeverékek közül mindig a telített beton levegőtartalma a legkisebb (*Balázs*, 1983).

Palotás (1938, 1952, 1961) a friss beton levegőtartalmának, porozitásának hatását a beton nyomószilárdságára ✣ a konzisztenciától függetlenül – a víz-cement tényező törvényt kitágítva – a víz-levegő-cement tényezővel veszi figyelembe, és azt beépíti szilárdságbecslő betontervezési képletébe. *Weisz* (1952) hangsúlyozza, hogy ha a beton nem dolgozható be olyan tömören, hogy a fölös, elpárolgó víz helyén keletkező pórusokon kívül csak lényegtelen mennyiségű pórus maradjon a betonban, akkor az ilyen, egyéb pórust is tartalmazó – például kellőképpen nem tömörített vagy földnedves konzisztenciájú ✣ – beton jellemzésére a víz-levegő-cement tényezőt kell használni (Víz-cement tényező ✣).

Követelmények

Az építési célnak (szilárdság, tartósság stb.) csak a kellően bedolgozott, megkövetelt tömörségű beton felel meg, ezért a bedolgozott friss beton levegőtartalmát korlátozni kell. A bedolgozott friss beton bennmaradt levegőtartalma ne legyen nagyobb általában, mint 2,0 térfogat%; vasbeton szerkezet esetén, mint 1,5 térfogat%; feszített vasbeton szerkezet esetén, mint 1,0 térfogat%; vízzáró beton esetén, mint 1,0 térfogat%; légbuborékképző adalékszer nélkül készített függőleges felületű fagyálló beton esetén, mint 1,5 térfogat%; légbuborékképző adalékszer nélkül készített vízszintes felületű fagyálló beton és függőleges felületű fagy- és olvasztósó-álló beton esetén, mint 1,0 térfogat%. Ha a beton 4 mm feletti adalékanyagának több mint 50 tömeg%-a újrahasznosított betonhulladék adalékanyag, akkor ezek a megengedett levegőtartalom értékek legfeljebb 0,5 térfogat%-kal túlléphetők.

A légbuborékképző ✣ adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton ✣ esetén az összes levegőtartalom megengedett legnagyobb értéke a fagy- és

olvasztósó-álló betonra előírt legkisebb érték (4 térfogat%) + max. 4,0 térfogat%, de ne haladja meg az adalékanyag legnagyobb szemnagysága függvényében megadott osztrák határértéket *(1. táblázat)*, mert 1,0 térfogat% légpórustartalom növekedés 4-5 % beton nyomószilárdság csökkenést okoz.

A megszilárdult beton légbuborék szerkezetet ❖ az MSZ EN 480-11:2006 szerinti mikroszkópos vizsgálattal meg kell határozni.

1. táblázat: Előírás a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonok összes levegőtartalmára és légbuborék szerkezetére az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabványban

Az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. és 5.5.5. szakaszában, valamint NAD 10. táblázatában előírják a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonok összes levegőtartalmát a friss cementpépben és a friss betonban, ill. péptelített betont feltételezve az adalékanyag legnagyobb szemnagyságára (zárójelben az MSZ 4798-1:2004 szabványnak megfelelő D_{max} érték) vetítve a friss betonban, valamint a megszilárdult fagy- és olvasztósó-álló betonok hatékony légbuboréktartalmát és távolsági tényezőjét a következőképpen:

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Összes levegőtartalom a *friss cementpépben*, legalább, térfogat%	9,0	13,0
Összes levegőtartalom a *friss betonban*, legalább, térfogat%	2,5	4,0
Összes levegőtartalom a *friss betonban*, legfeljebb, térfogat%	2,5 + 4,0 = 6,5 *	4,0 + 4,0 = 8,0
Legnagyobb szemnagyság, mm	Összes levegőtartalom a *friss betonban*, térfogat%	
4	4,0 – 6,0	7,0 – 11,0
8 és 11 (12)	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
22 (24) és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
* Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. szakasza és NAD 10. táblázata szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban az összes levegőtartalom megengedett legnagyobb értéke 5,0 térfogat%, hacsak a kezdeti vizsgálat során meg nem győződtek arról, hogy a betonra vonatkozó valamennyi követelmény nagyobb levegőtartalom esetén is betartható.		
0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége a *szilárd betonban* (jele: *L*300), térfogat%	1,0 – 3,0 **	1,8 – 5,0
Távolsági tényező a *szilárd betonban* (jele: *AF*), legfeljebb, mm	–	0,18
** Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.5.5. szakasza szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban a hatékony légbuborékok mennyisége akkor lehet 3,0 térfogat%-nál több, ha az 5,0 térfogat% feletti összes levegőtartalom ártalmatlanságát igazolták.		

A levegőtartalomra vonatkozó követelmény teljesítésének érdekében a bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűségének a tervezett testsűrűségnél legfeljebb 30 kg/m^3-rel szabad kisebbnek lennie, azonban átlagos testsűrűségüknek (ha egy próbatest egy mintát alkot), illetve a több próbatest alkotta minták átlagos testsűrűségeinek átlagából számított testsűrűségnek nem szabad kisebbnek lennie, mint a friss beton tervezett testsűrűsége. Ha adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel e feltételek nem teljesíthetők, akkor egyrészt a tömörítés módját felül kell vizsgálni, másrészt – feltételezve a friss próbatestek és a

szerkezetbe bedolgozásra kerülő friss beton közelítőleg azonos tömörségét – a betonösszetételt a helyszíni tömörítési módhoz igazítva át kell tervezni.

A friss beton levegőtartalmának meghatározása a testsűrűség mérés eredményéből számítással

A bedolgozott friss beton tervezett levegőtartalmának ($V_{levegő}$) felvételével felírható a beton összetevőinek tervezett térfogatösszegét kifejező összefüggés:

$$\frac{M_{cement}}{\rho_{cement}} + \frac{M_{adalékanyag}}{\rho_{adalékanyag}} + \frac{M_{víz}}{\rho_{víz}} + V_{levegő} = 1000 \quad [liter/m^3]$$

ahol M a betonösszetevők tervezett tömege és ρ a testsűrűsége. A bedolgozott friss beton tervezett testsűrűsége:

$$\rho_{friss\ beton\ tervezett} = M_{cement} + M_{adalékanyag} + M_{víz} \quad [kg/m^3]$$

Legyen a bedolgozott friss beton tapasztalati (tényleges) és tervezett testsűrűségének hányadosa:

$$r = \frac{\rho_{friss\ beton\ tapasztalati}}{\rho_{friss\ beton\ tervezett}}$$

A bedolgozott friss beton *tapasztalati* testsűrűsége a betonösszetevők tapasztalati tömege (M') felhasználásával:

$$\rho_{friss\ beton\ tapasztalati} = r \cdot \rho_{friss\ beton\ tervezett} =$$

$$= M'_{cement} + M'_{adalékanyag} + M'_{víz} =$$

$$= r \cdot \left(M_{cement} + M_{adalékanyag} + M_{víz}\right) =$$

$$= r \cdot M_{cement} + r \cdot M_{adalékanyag} + r \cdot M_{víz} \quad [kg/m^3]$$

A bedolgozott friss beton *tapasztalati* levegőtartalma:

$$V'_{levegő} = 1000 - r \cdot (betonösszetevők\ tervezett\ térfogata) =$$

$$= 1000 - r \cdot \left(\frac{M_{cement}}{\rho_{cement}} + \frac{M_{adalékanyag}}{\rho_{adalékanyag}} + \frac{M_{víz}}{\rho_{víz}}\right) =$$

$$= 1000 - r \cdot (1000 - V_{levegő}) = (1 - r) \cdot 1000 + r \cdot V_{levegő} \quad [liter/m^3]$$

Például: ha M_{cement} = 300 kg/m^3, $M_{\text{adalékanyag}}$ = 1950 kg/m^3, $M_{\text{víz}}$ = 150 kg/m^3, $V_{\text{levegő}}$ = = 20 liter/m^3, $\rho_{\text{friss beton tervezett}}$ = 2400 kg/m^3 és $\rho_{\text{friss beton tapasztalati}}$ = 2300 kg/m^3, akkor r = 2300/2400 = 0,95833 és $V'_{\text{levegő tapasztalati}}$ = (1 - 0,95833)·1000 + + 0,95833·20 = 41,67 + 19,17 = 60,84 liter/m^3,

azaz a tapasztalati (tényleges) levegőtartalom a tervezett 2 térfogat% helyett 6,1 térfogat%, és a beton tényleges cementtartalma a tervezett 300 kg/m^3 helyett $M'_{\text{cement}} = r \cdot M_{\text{cement}}$ = = 0,95833·300 = 287,5 kg/m^3.

Megjegyzés: A friss beton testsűrűségét az MSZ EN 12350-6:2000 szabvány szerint kell meghatározni.

A friss beton levegőtartalmának meghatározása nyomásmódszerrel

A friss beton levegőtartalmát általában nyomásmódszerrel szokás megmérni. A nyomásmódszer neve németül „Druckverfahren". A módszert az MSZ EN 12350-7:2000 európai szabvány tárgyalja, lényegében ugyanúgy, ahogy azt a mára visszavont MSZ 4714-2:1986 szabvány 4.2. szakasza is leírta. A módszer a *Boyle-Mariott* törvényen alapul, amely szerint a cseppfolyósítási hőmérsékletüknél jóval nagyobb hőmérsékletű valódi gázok (mint például a levegő) nyomásának (p) és térfogatának (v) szorzata állandó ($p \cdot v$ = konstans).

A szabványok szerint a nyomástartó készülékbe ismert tömegű és térfogatú beton fölé vízréteget kell önteni, ezután a készülékben meghatározott mértékű légnyomást kell létrehozni, majd a túlnyomást fokozatosan meg kell szüntetni. A nyomás, illetve a térfogat csökkenése megfelelő skálabeosztás esetén levegőtartalmat adja meg térfogatszázalékban. A módszer legfeljebb 32 mm szemnagyságú betonok vizsgálatára alkalmas.

A vizsgálat előkészítéseként a betont a készülék edényébe kell helyezni, lehetőleg két azonos magasságú rétegben be kell vibrálni, a bevibrált beton felületét simítóléccel, fűrészelő mozdulatokkal úgy kell lesimítani, hogy az edény felső pereméig éppen tele legyen betonnal. Megtisztítás után az edényt a készülék tetejével le kell zárni.

A vizsgálatok eredményét legalább két olyan, egymást követő mérés eredményének számtani átlagaként számítjuk ki, amelyek között az eltérés legfeljebb 0,2 %. A levegőtartalmat térfogat%-ban fejezzük ki.

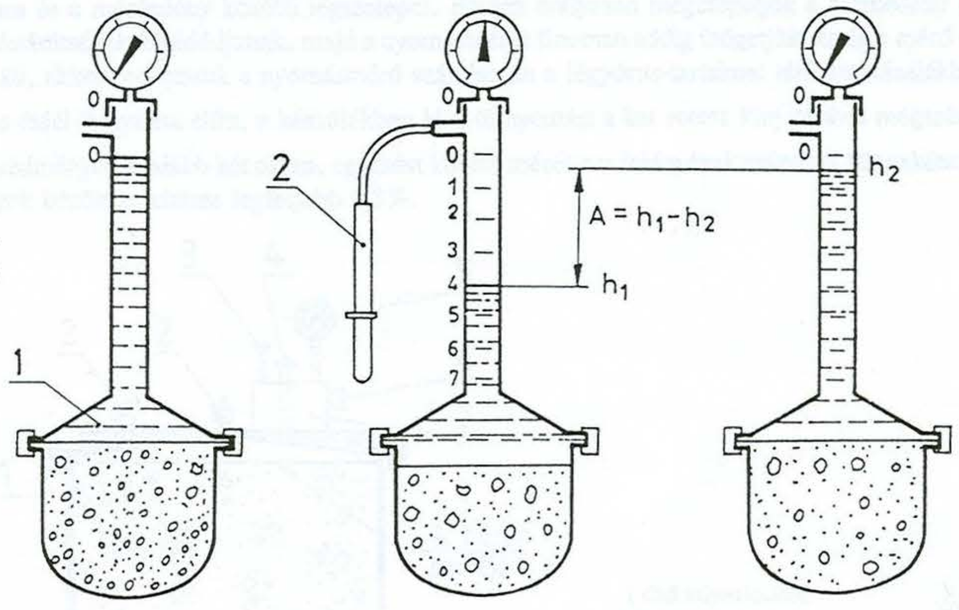
A nyomásmódszerrel dolgozó levegőtartalom mérő készülék lehet „*A*" típusú, amely víznyomással működik, és a nyomáscsökkenést méri, vagy „*B*" típusú, amely levegőnyomással működik, és a térfogatcsökkenést méri. Az „*A*" típusú készülék neve németül „Wassersäulenmeßgerät" (az eljárás neve: „Wassersäulenverfahren"), a „*B*" típusú készüléké „Druckmeßgerät" (az eljárás neve: „Druckausgleichsverfahren"). A gyakorlatban a „*B*" típusú eljárás alkalmazása terjedt el.

A nyomásmódszert alkalmazó mindkét típusú mérőeszköznek tartozéka a kalibráló-berendezés.

A friss beton levegőtartalmának meghatározása ***„A" típusú*** *levegőtartalom vizsgáló készülékkel*, amely víznyomással működik, és a nyomáscsökkenést méri (1. ábra).

A készüléket összeállítás után jelzésig vízzel feltöltjük. A készüléket a függőlegestől mintegy 30°-ra megdöntjük, és azzal több teljes kört leírunk, egyidejűleg könnyedén ütögetve a fedelet, hogy a minta felett képződött légbuborékok eltávozzanak. Ezután a berendezést ismét függőleges helyzetbe hozzuk, és könnyedén ütögetve a mérőedény oldalát azt vízzel feltöltjük úgy, hogy a víz szintje a 0 jelzés fölött legyen. A víz tetejéről a habot eltávolítjuk, hogy éles felszíngörbület képződjék. A víz szintjét a cső 0 jelzésére állítjuk a vízoszlop tetején lévő szeleppel. A készülékben a megadott nyomásnál néhány százalékkal nagyobb nyomást létesítünk. A helyi feszültségek feloldása céljából erősen ütögetjük a berendezés oldalát és leolvassuk a h_1 vízszintet. Ezután a vízoszlop tetején lévő szelep segítségével a túlnyomást fokozatosan megszüntetjük és – a mérőedény oldalát egy percig könnyedén ütögetve – leolvassuk a h_2 vízszintet. A levegőtartalom a $h_1 - h_2$ vízszintkülönbséggel arányos. Ezután a mérést megismételjük anélkül, hogy a vízszint 0-ra állna. Ha az alkalmazott vizsgálati nyomás mellett a levegőtartalom nagyobb, mint ami a mérőeszköz skáláján mérhető, a vizsgálati nyomást csökkentjük, és a vizsgálatot megismételjük.

Ha a készülékben lévő nyomást a légszelep segítségével a légköri 1 at nyomásról 2 at abszolút nyomásra növeljük, akkor az üvegcső beosztásán leolvasott $\Delta v = h_1 - h_2$ térfogatváltozás a levegőtartalom fele (v/2). A skálán akkor lehet a levegőtartalmat közvetlenül leolvasni, ha 0,5 cm^3-t jelölnek 1,0 cm^3-rel.



1. Víz
2. Légszivattyú

A típusú készülék

1. ábra: „*A*” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék, MSZ 4714-2:1986

A friss beton levegőtartalmának meghatározása ***„B” típusú*** *levegőtartalom vizsgáló készülékkel*, amely levegőnyomással működik, és a térfogatcsökkenést méri (2. ábra).

A készülék összeállítása után elzárjuk a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet, és kinyitjuk a fedélen lévő nyílások reteszeit. Ezután a készülékbe az egyik nyíláson keresztül addig töltünk vizet, amíg a víz a másik nyílásnál meg nem jelenik. A készüléket addig rázogatjuk, amíg a minta felett képződött légbuborékok el nem távoznak az edényből.

Ezt követően a légkamra szelepét elzárjuk, és annyi levegőt nyomunk a légkamrába, hogy a légnyomásmérő mutatója a kezdőnyomás vonalán álljon. 10 másodpercig várunk, majd a mérő mutatóját a kezdeti nyomásértékre visszaállítjuk a levegő be-, vagy kiengedésével. A fedélen lévő mindkét nyílás reteszét lezárjuk, majd kinyitjuk a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet. Ekkor a légkamrában és az edényben lévő nyomás kiegyenlítődik.

Ezután erélyesen megütögetjük a mérőedény oldalát, hogy a helyi feszültségek feloldódjanak, majd a nyomásmérőt finoman addig ütögetjük, amíg a mérő mutatója meg nem áll, ekkor leolvassuk a nyomásmérő számlapján a levegőtartalmat térfogatszázalékban, ha beosztása ennek megfelelő. Mérés után, a fedél felnyitása előtt, a készülékben lévő túlnyomást a két retesz kinyitásával megszüntetjük.

Az eredeti *Tonindustrie* készülék $v = 80$ cm^3 térfogatú légkamrájában a levegő nyomását a kézi pumpa segítségével $p_0 = 3{,}5$ at abszolút nyomásra növeljük. A betonban lévő ismeretlen térfogatú ($V_{levegő}$) levegő nyomása a légköri 1 at nyomásnak felel meg. A légkamra és az edény összenyitása után a ($v+V_{levegő}$) össztérfogatban uralkodó nyomás p, amiből a beton levegőtartalma ($V_{levegő}$) kiszámítható:

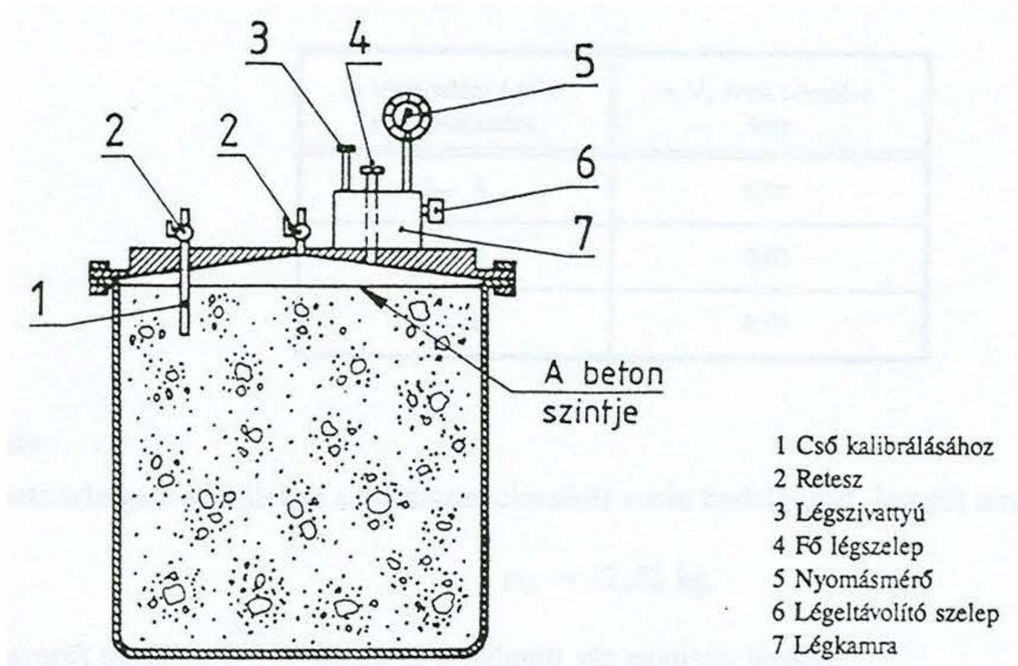
$$p_0 \cdot v + 1 \cdot V_{levegő} = p \cdot (v + V_{levegő})$$

$$3{,}5 \cdot 80 + V_{levegő} = p \cdot 80 + p \cdot V_{levegő}$$

$$V_{levegő} = \frac{280 - 80 \cdot p}{p - 1} \quad \left[cm^3\right]$$

$$V_{levegő}{}^{\%} = 100 \cdot \frac{V_{levegő}}{8000} = \frac{V_{levegő}}{80} \quad [térfogat\%],$$

ha az edény térfogata 8 liter. Az újabb készülékek manométerének skáláján a *p* nyomás helyett közvetlenül a levegőtartalom olvasható le.



2. ábra: „*B*" típusú levegőtartalom vizsgáló készülék, MSZ 4714-2:1986

A friss beton levegőtartalmának meghatározása térfogatos módszerrel

A kissé képlékeny és lágyabb friss betonok levegőtartalmának meghatározására az MSZ 4714-2:1986 szabvány 4.1. szakasza térfogatos módszert is tartalmazott, amelynek mérőeszköze az ejtőkengyeles konzisztencia vizsgáló készülék (VEBE-méteres átformálási idő ❖) volt. Az ejtőkengyeles mérőedényben a levegőtérfogatot a levegőtartalmú és a levegőtartalom nélküli beton térfogatának különbségeként mérték meg, és a levegőtartalmú beton térfogatára vonatkoztatták. A térfogatos levegőtartalom mérési módszer a gyakorlatban nem terjedt el, európai szabvány sincs rá.

Felhasznált irodalom

Balázs György (szerk.): Építőanyag praktikum. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1983.

Balázs György: Beton és vasbeton I. Alapismeretek története. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1994.

Balázs György: Barangolásaim a betonkutatás területén. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2001.

Palotás László: A beton. Fejezet a Möller Károly dr. szerkesztésében megjelent Építési Zsebkönyvben. Kir. Magy. Egyetemi Nyomda kiadása. Budapest, 1938.

Palotás László: Minőségi beton. Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat. Budapest, 1952.

Palotás László: Építőanyagok II. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1961.

Weisz György: A betonozás technológiája. Közlekedési Kiadó. Budapest, 1952.

Weiss György: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. pp. 187-189. Építésügyi Tájékoztatási Központ, Budapest, 1974.

MSZ 4714-2:1986 A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A betonalkotók mennyiségének, a beton testsűrűségének és légpórustartalmának meghatározása

MSZ 4798-1:2004 Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon

MSZ EN 480-11:2006	Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 11. rész: A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása
MSZ EN 12350-6:2000	A friss beton vizsgálata. 6. rész: Testsűrűség
MSZ EN 12350-7:2000	A friss beton vizsgálata. 7. rész: Légtartalom Nyomásmódszerek

Jelmagyarázat: ❖ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

A cikk eredeti változata megjelent a	BETON szakmai havilap	2008. június havi számának 20-23. oldalán

Légbuboréktartalom, távolsági tényező

Németül:	Kugelporengehalt, Abstandsfaktor (AF)
Angolul:	Micropore content, Spacing factor
Franciául:	Contenu en micropore, Facteur de distance

Bevezetés

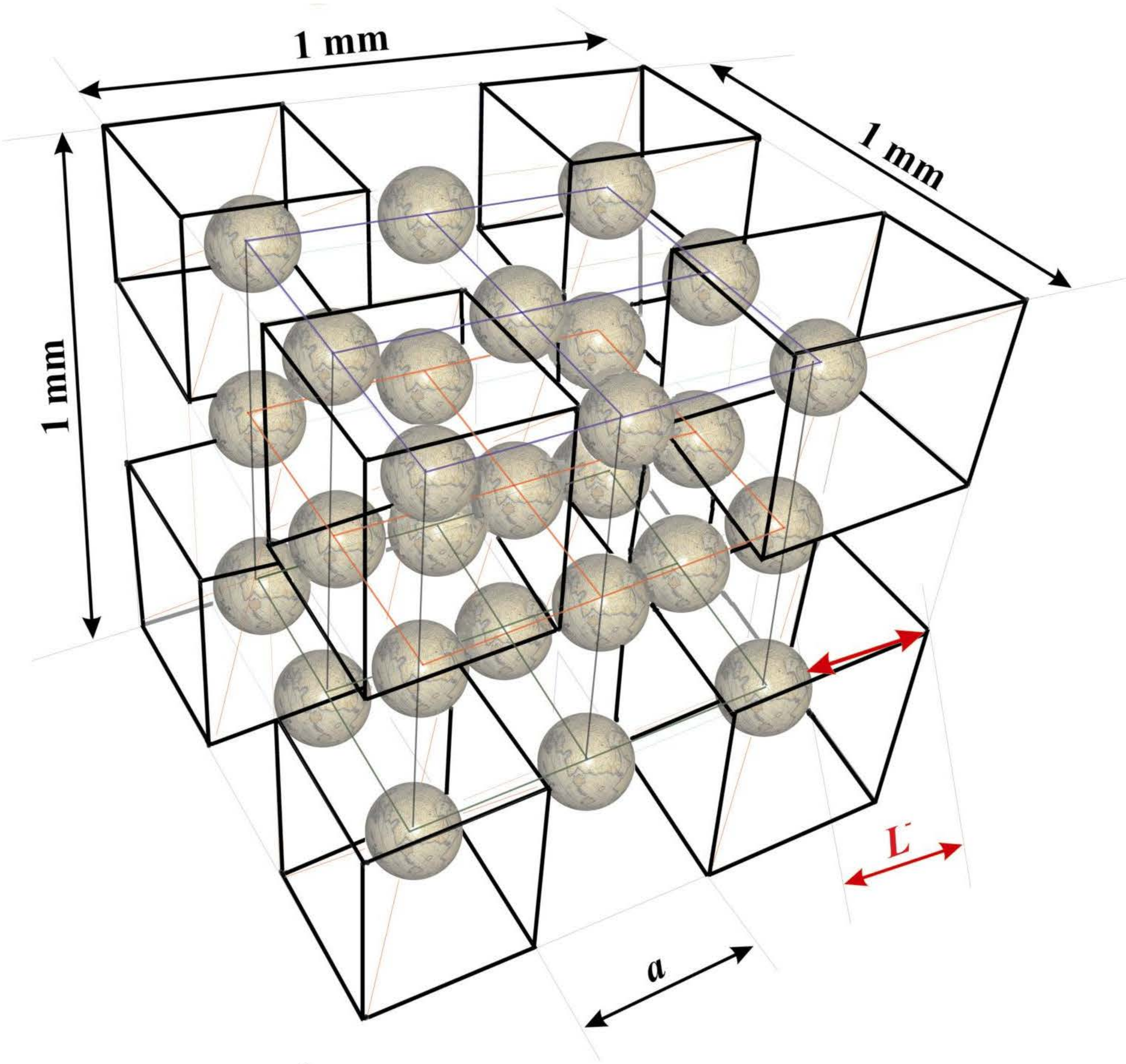
A beton tartósságának egyik feltétele a fagy- és olvasztósó-állóság ❖. A megszilárdult beton pórusaiban lévő víz téli hidegek alkalmával – számos tényezőtől befolyásolva – nagy valószínűséggel megfagy. A fagyáskor keletkező jég térfogata a vízénél mintegy 9 %-kal nagyobb, ezért a még meg nem fagyott víz (ilyen a cementkő gélpórusaiban -60 °C hőmérsékletig található) hidraulikus nyomás alá kerül, és megindul a víz áramlása az üres pórusokba, telítetlen üregekbe, lényegében a gélpórusok ❖ felől a kapilláris pórusok ❖ felé (diffúzió), ahol a jégtartalmat és annak nyomását tovább növeli (*Balázs*, 1997). Minden felmelegedés során a gélpórusrendszer tágul, visszaáll az eredetihez közeli nyomásállapot, a gélpórusokban a nyomás csökken, aminek hatására azok vizet vesznek fel azokból a kapillárisokból, amelyekben még van meg nem fagyott víz. Ez a folyamat minden lehülés-felmelegedés-lehülés alkalmával megismétlődik mindaddig, amíg a kapilláris pórusokban a *kritikus víztelítettség* létre nem jön, és ezért *Setzer* (2000) a jelenséget termodinamikai modelljében „mikro-jéglencse pumpálás"-nak nevezi. A jégképződés hatására a cementkőben olyan nagy nyomás alakulhat ki (-10 °C hőmérsékleten kb. 100 N/mm^2, -23 °C hőmérsékleten kb. 200 N/mm^2), amely a betont megrepeszti. (*Balázs*, 1997).

Kritikus víztelítettségnek a fagykárosodást okozó víztartalom határértékét nevezzük. Ez a beton korától (hidratáció foka, pórusstruktúra), a légpóruseloszlástól (beleértve a mesterségesen képzett légbuborékokat is), a környezeti feltételektől (vízelpárolgás mértéke és sebessége), a lehűlés sebességétől, a fagyási-olvadási ciklusok gyakoriságától, a ciklusok közötti száradás mértékétől, a pótlólagos duzzadási terek kialakulásától stb. függ (*Ujhelyi*, 2005).

Az utak téli *jégolvasztó-sózása* – amelynek hatása hasonlít a fagyhatáshoz – a beton károsodását tovább növeli. A betonban a sóoldat-koncentráció nem egyenletes, a különböző sótelítettségű rétegek fagyáspontja különböző. A sódúsabb, később megfagyó közbenső réteg jég és kapilláris nyomása lerepeszti a fölötte lévő, már fagyott, sószegényebb réteget (réteges felfagyás). (*Balázs*, 1997).

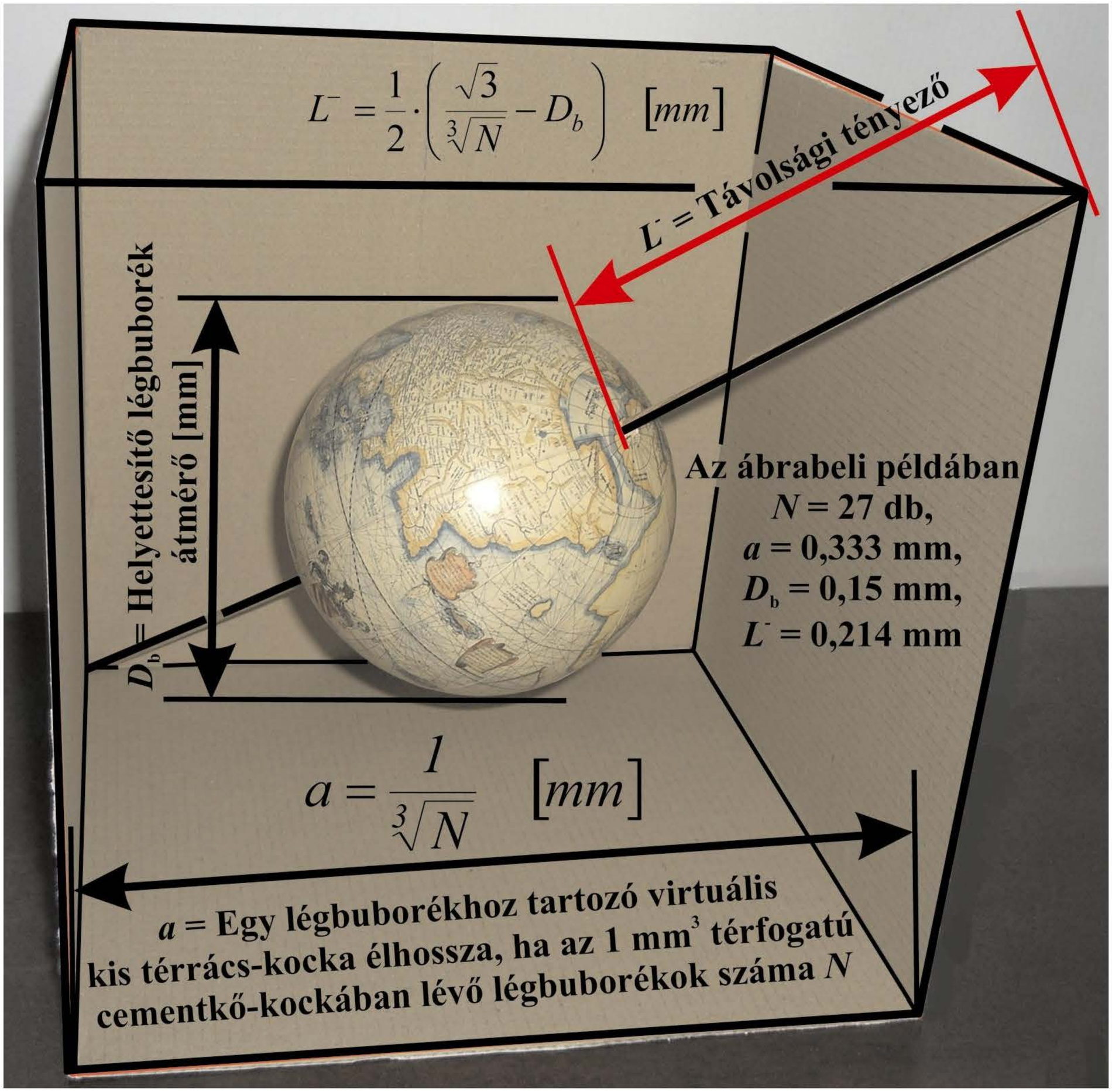
Az egyébként kritikus víztelítettségű betonban a fagy- és olvasztósó-kár csak akkor kerülhető el, ha légbuborékképző adalékszerrel (Betonadalékszerek 2. ❖) elegendő mennyiségű és kellően apró, vízzel ki nem töltődő pórust, ún. *légbuborékot* képezünk a betonban. A légbuborék kritikus víztelítettség mellett sem telik meg vízzel. A légbuborékképző adalékszerrel szándékosan bevitt levegő mennyiségét *bevitt* vagy *képzett* levegőtartalomnak, *légbuboréktartalomnak* nevezzük (MSZ 4798-1:2004), és feltételezzük, hogy nagysága általában kisebb, mint 0,75 mm. (Mennyiségének jele: A_{750} vagy német nyelvterületen: L750.) A közel gömb alakú légbuborékoknak – a fagy- és olvasztósó-állóság szempontjából – az a tartománya *hatékony*, amelynek átmérője 0,01 mm és 0,30 mm közé esik. Ezeknek a hatékony mikrolégbuboréknak a mennyiségét a betonban (jele: A_{300} vagy német nyelvterületen: L300, térfogat%-ban) és a *távolsági tényezővel* kifejezett eloszlását a cementkőben a megszilárdult betonból kimunkált felületen kell vizsgálni és meghatározni az MSZ EN 480-11:2006 szerint. Az MSZ EN 480-11:2006 szerinti sztereomikroszkópos

vizsgálat az ASTM C 457:1998 szabványon alapul. A légbuborék szerkezet vizsgálata egy olyan idealizált cementkő-modellt feltételez, amelyben egyforma méretű, gömb alakú légbuborékok egyenletes eloszlásban, köbös térrácsban helyezkednek el, és az idealizált légbuborék szerkezetnek ugyanakkora az összes térfogata és a térfogati fajlagos felülete, mint a tényleges hatékony légbuborék szerkezetnek (*1. ábra*). Ebben a cementkő-modellben a *távolsági tényező* (jele: $\bar{L}$, mm-ben; Megjegyzés: a $^{-}$ felülvonás általában az L betű fölé van nyomtatva, de ilyen betűvel nem rendelkezem, KT.) a cementkőben a *térrács átlója* mentén egymás mellett fekvő két légbuborék felülete közötti névleges távolság fele (*2. ábra*). Ez a leghosszabb távolság, amelyet a nyomás hatására a vízmolekulának meg kell tennie ahhoz, hogy egy buborékfelszínhez érjen.



Az 1 mm^3 térfogatú virtuális cementkő-kockában köbös térrács szerint elhelyezkedő, az ábrabeli példában a D_b= 0,15 mm névleges átmérőjű légbuborékok száma: N= 27 db, egy légbuborékhoz tartozó kis térrács-kocka élhossza: $a = N^{-1/3}$ = 0,333 mm, a távolsági tényező: $\bar{L}$= 0,214 mm

1. ábra: Idealizált cementkő-modell köbös térrácsban elhelyezkedő hatékony helyettesítő légbuborék szerkezettel



2. ábra: A hatékony helyettesítő légbuborék térfogateleme és a távolsági tényező az *1. ábra* szerinti példa alapján

Követelmények

A légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló, XF2 – XF4 környezeti osztályú ❖ *friss beton* ❖ összes levegőtartalmának ❖ előírt legkisebb értéke 4,0 térfogat%, megengedett legnagyobb értéke 8,0 térfogat% (MSZ 4798-1:2004). A felső korlátra azért van szükség, mert 1,0 térfogat% légpórustartalom növekedés 4-5 % beton nyomószilárdság csökkenést okoz.

Figyelemre méltó és követendő, hogy az osztrákok és a németek a légbuborékos friss beton összes levegőtartalmával szemben támasztott követelményeket ennél részletesebben adják meg. Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. és 5.5.5. szakaszában, valamint NAD 10. táblázatában a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonok összes levegőtartalmát a friss cementpépben és a friss betonban, ill. péptelített friss betont feltételezve az adalékanyag legnagyobb szemnagyságára vetítve írják elő. A német TL Beton-StB 07 útbeton műszaki szállítási feltétel a friss beton összes levegőtartalmának előírásakor szintén figyelembe veszi az adalékanyag legnagyobb szemnagyságát (*1. táblázat*).

1. táblázat: A légbuborékos friss beton levegőtartalmának követelménye az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány és a német TL Beton-StB 07 útbeton műszaki szállítási feltétel szerint

Osztrák előírás		
Az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. és 5.5.5. szakaszában, valamint NAD 10. táblázatában előírják a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonok összes levegőtartalmát a friss cementpépben és a friss betonban, ill. péptelített betont feltételezve az adalékanyag legnagyobb szemnagyságára (zárójelben az MSZ 4798-1:2004 szabványnak megfelelő D_{max} érték) vetítve a friss betonban, valamint a megszilárdult fagy- és olvasztósó-álló betonok hatékony légbuboréktartalmát és távolsági tényezőjét a következőképpen:		
Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Összes levegőtartalom a *friss cementpépben*, legalább, térfogat%	9,0	13,0
Összes levegőtartalom a *friss betonban*, legalább, térfogat%	2,5	4,0
Összes levegőtartalom a *friss betonban*, legfeljebb, térfogat%	2,5 + 4,0 = 6,5 *	4,0 + 4,0 = 8,0
Legnagyobb szemnagyság, mm	Összes levegőtartalom a *friss betonban*, térfogat%	
4	4,0 – 6,0	7,0 – 11,0
8 és 11 (12)	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
22 (24) és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
* Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. szakasza és NAD 10. táblázata szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban az összes levegőtartalom megengedett legnagyobb értéke 5,0 térfogat%, hacsak a kezdeti vizsgálat során meg nem győződtek arról, hogy a betonra vonatkozó valamennyi követelmény nagyobb levegőtartalom esetén is betartható.		
0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége a *szilárd betonban* (jele: A_{300} vagy L300), térfogat%	1,0 – 3,0 **	1,8 – 5,0
Távolsági tényező a *szilárd betonban* (jele: AF), legfeljebb, mm	–	0,18
** Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.5.5. szakasza szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban a hatékony légbuborékok mennyisége akkor lehet 3,0 térfogat%-nál több, ha az 5,0 térfogat% feletti összes levegőtartalom ártalmatlanságát igazolták.		
Német előírás		
A német TL Beton-StB 07 útbeton műszaki szállítási feltétel 4.7. szakasza szerint a légbuborékos friss beton összes, átlagos levegőtartalma 8 mm legnagyobb szemnagyság esetén legalább 5,5 térfogat%, 16 mm legnagyobb szemnagyság esetén legalább 4,5 térfogat%, 22 mm, ill. 32 mm legnagyobb szemnagyság esetén legalább 4,0 térfogat% legyen. Az egyes mért értékeknek legfeljebb 0,5 térfogat%-kal szabad kisebbnek lenniük, mint az átlag követelményérték. Ha a képlékeny konzisztenciájú betont képlékenyítő vagy a kissé képlékeny konzisztenciájú betont folyósító adalékszerrel állítják elő, akkor a friss beton megkövetelt összes, átlagos levegőtartalma a fenti követelményértékeknél 1,0 térfogat%-kal nagyobb. Ha a kezdeti vizsgálat (lásd az MSZ EN 206-1:2002 szabvány 3.1.41. szakaszát, „A" mellékletét stb.) során a szilárd beton légbuboréktartalmát meghatározták, és hatékony légbuborékok mennyisége elérte az A_{300} = 1,8 térfogat%-ot (lásd az *1. táblázatot)*, a távolsági tényező pedig nem lépte túl az AF = 0,20 mm-t, akkor a friss beton összes levegőtartalmára a fenti követelmény érvényes. Egyébként a kezdeti vizsgálat szerint friss beton összes, átlagos levegőtartalmának legfeljebb 0,5 térfogat%-kal szabad a fenti követelményértékeknél nagyobbnak lennie. Folyós konzisztencia esetén a szilárd beton légbuboréktartalmát mindig meg kell határozni.		

Ha az érdekelt felek a bedolgozott friss betonon mért vagy számított levegőtartalom kimutatásával nem elégszenek meg, vagy megegyeznek a fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat elhagyásában, vagy egyéb szempontok szólnak mellette, akkor a beton megfelelőségének igazolásához a *megszilárdult beton* próbatestből (vagy ritkán a kész szerkezetből vett magmintákból, ugyanis az értékeléshez ismerni kell a beton pontos összetételét is) kimunkált és megcsiszolt próbatesteken kell a *légbuborékok távolsági tényezőjét és mennyiségét* az MSZ EN 480-11:2006 szerinti sztereomikroszkópos vizsgálattal meghatározni. Ha a légbuborék-szerkezetet meghatározzák, akkor az XF2 és XF3 környezeti osztályban a fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálata elhagyható, az XF4 környezeti osztályban pedig ajánlott a fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálata mellett is meghatározni.

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint a megszilárdult betonban a légbuborékok távolsági tényezője legfeljebb 0,22 mm legyen. Az MSZ EN 934-2:2002 szabvány ennél szigorúbb, ugyanis azt a légbuborékképző adalékszert tekinti megfelelőnek, amely a szilárd betonba $\leq$ 0,20 mm távolsági tényezőt hoz létre. Az MSZ EN 934-2:2002 szabvány követelménye továbbá, hogy a légbuborékképzős friss beton összes levegőtartalma legalább 2,5 térfogat%-kal legyen nagyobb, mint a légbuborékképző nélküli beton levegőtartalma, és a friss beton összes levegőtartalma 4 – 6 térfogat% között legyen. A 28 napos korú, légbuborékképző adalékszerrel készült beton nyomószilárdságának el kell érnie a légbuborékképző adalékszer nélkül készített ellenőrző beton nyomószilárdságának 75 %-át. (Betonadalékszerek 2. ❖).

Az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány NAD 10. táblázata az XF4 környezeti osztályban egyedüliként 0,18 mm-nél kisebb távolsági tényezőt (*AF*) ír elő. Megköveteli, hogy a 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége (L300) a *szilárd betonban* az XF2 és XF3 környezeti osztály esetén 1,0 – 3,0 térfogat%, az XF4 környezeti osztály esetén 1,8 – 5,0 térfogat% közé kell essék. Az osztrák szabvány 5.5.5. szakasza szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban a hatékony légbuborékok mennyisége akkor lehet 3,0 térfogat%-nál több, ha az 5,0 térfogat% feletti összes levegőtartalom ártalmatlanságát igazolták. E szabvány NAD 10. táblázata arról is intézkedik, hogy ha valamely előírás nem a 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű, hatékony légbuborékok (L300), hanem az összes légbuborék mennyiségét szabályozza, akkor a légbuborékokat 0,75 mm névleges átmérőig (L750) kell számításba venni.

Vizsgálat és az eredmények értékelése számpéldával

A megszilárdult beton hatékony légbuboréktartalmát és távolsági tényezőjét az MSZ EN 480-11:2006 szerint kell meghatározni.

A két darab kb. 100·150·40 mm méretű vizsgálati próbalemezt legkorábban a beton 7 napos korában szabad a víz alatt tárolt, ismert összetételű próbakockák közepéből kivágni. A számításokhoz a beton összetételéből meg kell határozni a cementkő térfogatarányát (jele: *P*). A vizsgálati felületet nedves, majd finom csiszolással kell előkészíteni a mikroszkópos vizsgálathoz. A leolvasások megkönnyítésére a légpórusokat meg lehet tölteni, pl. cinkpéppel. A próbalemezen három sávban, egymástól 6 mm távolságra, 3·4 mérővonalat kell felvenni, amelyek összes hossza legalább 1200 mm.

Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány a légpóruseloszlás meghatározására a B.1. táblázatban számpéldát mutat be (*2. táblázat*). A következőkben – mondandók követhetősége érdekében – szögletes zárójelben hivatkozunk e szabvány B.1. táblázatának 18. sorában megadott számértékekre, kerekítés nélkül. (Az *1.* és *2. ábrán* szereplő adatok nem ehhez a számpéldához tartoznak.)

2. táblázat: Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány a B.1. táblázata, amely számpéldát tartalmaz a betonban lévő légpórusok eloszlásának meghatározására (A táblázatra kattintva az kinagyítható.)

B.1 táblázat: Légbuborék-eloszlás számítása MSZ EN 480-11:2006 A táblázat a betonban lévő légpórusok eloszlásával kapcsolatos számításait mutatja be.

Mérővonalak teljes hossza, T_{tot}	2400 mm

Oszlop	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Osztály sor-száma	Osztályhatárok	Húrok száma az osztályban	Húrgyakoriság	Légbuborék metszet felületaránya	Húrok száma beton mm^3-enként	Légbuborékok száma az osztályban beton mm^3-enként	Egy légbuborék térfogata	Légbuborék tartalom osztályonként	Összes légbuborék tartalom
Számítási utasítás		[1]) y – y'	Mért C_i darabszám	3. oszlop adata osztva T_{tot} értékkel	[1]) Átmetszési valószínűség	4. oszlop adata osztva az 5. oszlop adatával	6. oszlop adatából kivonva a 6. oszlop következő adatát	[1]) Felső osztályhatár átmérőjű pórus	7. oszlop adata szorozva a 8. oszlop adatával és 100-zal	9. oszlop adatainak göngyölített értéke
Mértékegység		µm	db	db/mm^{-1}	~~1 mm^2~~	mm^{-3}	db/ mm^{-3}	mm^3	térfogat %	térfogat %
	1.	0 - 10	65	0,02708	0,0001178	229,90945	140,483	5,24x10^{-7}	0,007	0,01
	2.	15 - 20	58	0,02458 17	0,0002749	~~89,42646~~ 87,9258	~~9,372~~ 7,869	4,19x10^{-6}	0,004 3	0,01
	3.	25 - 30	83	0,03458	0,0004320	80,05401	6,483	1,41 x10^{-5}	0,009	0,02
	4.	35 - 40	104	0,04333	0,0005890	73,57102	24,427	3,35x10^{-5}	0,082	0,10
	5.	45 - 50	88	0,03667	0,0007461	49,14444	13,161	6,54x10^{-5}	0,086	0,19
	6.	55 - 60	78	0,03250	0,0009032	35,98317	11,108	1,13x10^{-4}	0,126	0,31
	7.	65 - 80	136	0,05667	0,0022780	24,87562	13,405	2,68x10^{-4}	0,359	0,67
	8.	85 - 100	80	0,03333	0,0029060	11,47052	3,925	5,24x10^{-4}	0,206	0,88
	9.	105 - 120	64	0,02667	0,0035340	7,54575	2,341	9,05x10^{-4}	0,212	1,09
	10.	125 - 140	52	0,02167	0,0041630	5,20458	2,682	1,44x10^{-3}	0,386	1,48
	11.	145 - 160	29	0,01208	0,0047910	2,52209	0,600	2,14x10^{-3}	0,128	1,61
	12.	165 - 180	25	0,01042	0,0054190	1,92225	0,613	3,05x10^{-3}	0,187	1,79
	13.	185 - 200	19	0,00792	0,0060476	1,30906	0,623	4,19x10^{-3}	0,261	2,05
	14.	205 - 220	11	0,00458	0,0066760	0,68654	0,230	5,58x10^{-3}	0,128	2,18
	15.	225 - 240	8	0,00333	0,0073040	0,45637	0,036	7,24x10^{-3}	0,026	2,21
	16.	245 - 260	8	0,00333	0,0079330	0,42019	0,079	9,20x10^{-3}	0,073	2,28
	17.	265 - 280	7	0,00292	0,0085610	0,34069	0,114	1,15x10^{-2}	0,131	2,41
	18.	285 - 300	5	0,00208	0,0091890	0,22672	0,032	1,41 x10^{-2}	0,046	2,46 [2])
	19.	305 - 350	12	0,00500	0,0257200	0,19440	0,054	2,24x10^{-2}	0,121	2,58
	20.	355 - 400	10	0,00417	0,0296500	0,14053	0,016	3,35x10^{-2}	0,055	2,63
	21.	405 - 450	10	0,00417	0,0335800	0,12408	0,035	4,77x10^{-2}	0,168	2,80
	22.	455 - 500	8	0,00333	0,0375000	0,08889	0,072	6,54x10^{-2}	0,471	3,27
	23.	505 - 1000	24	0,01000	0,5910000	0,01692	0,014	5,24x10^{-1}	0,753	4,03
	24.	1005 - 1500	6	0,00250	0,9837000	0,00254	0,0010	1,77	0,182	4,21
	25.	1505 - 2000	5	0,00208	1,3760000	0,00151	0,0008	4,19	0,338	4,55
	26.	2005 - 2500	3	0,00125	1,7690000	0,00071	0,0005	8,18	0,420	4,97
	27.	2505 - 3000	1	0,00042	2,1620000	0,00019	0,0002	1,41x10^{+1}	0,272	5,24
	28.	3005 - 4000	0	0,00000	5,5020000	0,00000	0,0000	3,35x10^{+1}	0,000	5,24

[1]) Az 1., 2., 5., és 8. oszlop értékei minden vizsgálat esetén azonosak.

[2]) A 10. oszlopban bekeretezett adat az A_{300} értéknek felel meg.

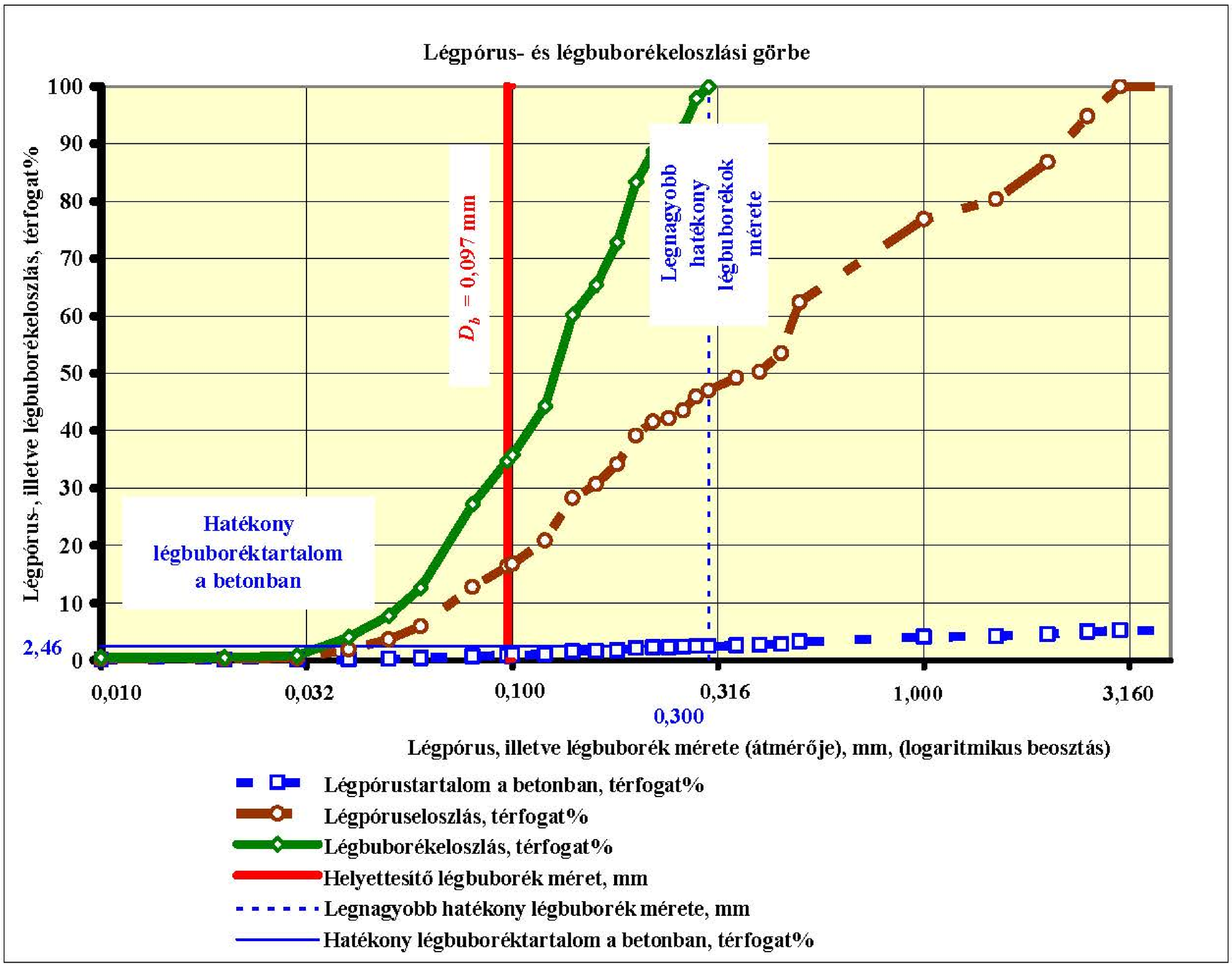
A mérés során feltételezzük, hogy a pórusok gömb alakúak. Az integráló mérőasztallal ellátott, (100±10)-szeres nagyítású sztereomikroszkóppal a mérővonallal átmetszett minden 0-4 mm közötti húrhosszúságú pórust számításba kell venni, kivéve, ha az egyértelműen repedés. (A hosszabb húrokat kihagyva jobb eredmény adódik.) A sztereomikroszkóp segítségével le kell mérni a légpórusok egyenkénti és összes húrhosszát (T_a), valamint a szilárd részek összes hosszát (T_s) amely két utóbbi összege a mérővonalak teljes hosszát (T_{tot}) adja. A két vizsgálati felületen mért húrhosszakat 28 húrhosszúsági osztályba kell sorolni [2. oszlop: 0,285-0,300 mm], és osztályonként meg kell adni a két vizsgálati felületen metszett légpórus-húrok darabszámát (jele: C_i) [3. oszlop: 5 db], majd az osztályonkénti darabszámot el kell osztani a két vizsgálati felület mérővonalai hosszának összegével (pl. 2400 mm-rel) [4. oszlop: 0,0020833]. Az eredmény a húroknak darabszám szerinti – a mérővonal hosszra vonatkoztatott – gyakorisága, más szóval a húrok fajlagos darabszáma osztályonként, a mértékegység: mm^{-1}.

Nem minden pórust metszenek át a mérővonalak, ezért a légpóruseloszlás meghatározásához valószínűségi meggondolást kell tenni. Annak valószínűsége, hogy a mérővonal valamely húr hosszúsági osztály határértéknél kisebb húrhosszúságú légpórust átmetsz, egyenlő az osztály határérték átmérőjű kör területének és az 1 mm^3 betontérfogat keresztmetszetének (1 mm^2) hányadosával. Ebből következik, miszerint 1 mm^3 betontérfogat keresztmetszetére vonatkoztatva, annak a valószínűsége, hogy a mérővonal valamely húrhosszúsági osztály határértékei közé eső (tehát a húr hosszúsági osztályba tartozó) húrhosszúságú légpórust átmetsz, egyenlő az osztály felső határértékének megfelelő átmérőjű kör területének és az osztály alsó határértékének megfelelő átmérőjű kör területének különbségével [5. oszlop: 0,0091890]. Ez az átmetszési valószínűség nevezetlen szám, és a

húrhosszúsági osztályhoz tartozó állandó. Ha a húrok fajlagos darabszámát [4. oszlop: 0,0020833] elosztjuk az átmetszési valószínűséggel [5. oszlop: 0,0091891], akkor az adott osztályhatárok közé eső húrhosszúságú pórusok 1 m^3 térfogatú betonban lévő darabszámát kapjuk meg, függetlenül attól, hogy azokat a metszővonalak metszették-e vagy sem [6. oszlop: 0,22671 db/mm^3]. A mérővonallal átmetszett húr a pórusnak nem feltétlenül az átmérője, hanem lehet a húrhossznál nagyobb átmérőjű pórus húrja. Így a példabeli 18. húrhosszúsági osztály a 0,285 mm-nél nagyobb átmérőjű összes pórus darabszámát [6. oszlop: 0,22671 db/mm^3], a 19. húrhosszúsági osztály a 0,305 mm-nél nagyobb átmérőjű összes pórus darabszámát [6. oszlop: 0,19440 db/mm^3] tartalmazza, a kettő különbsége a 0,285 – 0,305 mm közé eső átmérőjű pórus darabszámát adja meg [7. oszlop: 0,032 db/mm^3]. Állandóként kell kiszámítani a húrhosszúsági osztály felső határértékével azonos nagyságú gömb térfogatát [8. oszlop: $1{,}41271 \cdot 10^{-2}$ mm^3/db]. A húrhosszúsági osztályba eső átmérőjű, 1 mm^3 betonban lévő pórusok darabszámát [7. oszlop: 0,032 db/mm^3] megszorozva egy pórus térfogatával [8. oszlop: $1{,}41371 \cdot 10^{-2}$ mm^3/db], a húrhosszúsági osztályba tartozó, 1 mm^3 betonban lévő összes pórus térfogatát kapjuk meg [$4{,}523 \cdot 10^{-4}$ mm^3/mm^3], amelyet térfogat%-ban fejezünk ki [9. oszlop: 0,045 térfogat%]. A húrhosszúsági osztály felső határértékénél kisebb átmérőjű összes légpórus mennyiségét a betonban, azaz a légpóruseloszlás értékét, e felső és ennél kisebb határértékű húrhosszúsági osztályba tartozó, 1 mm^3 betonban lévő összes pórus térfogatszázalékának összegeként kapjuk meg [10. oszlop: 2,46 térfogat%]. Minthogy a szabványos meghatározás szerint hatékonynak azokat a légbuborékokat tekintjük (az alsó határértéktől elvonatkoztatva), amelyek átmérője 0,3 mm-nél kisebb, ezek mennyisége a betonban az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatának példája szerint A_{300} = 2,46 térfogat%.

Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatának példája szerinti beton légpórustartalmát [10. oszlop értékei] a *3. ábrában* rajzoltuk meg. A légpóruseloszlás görbéjét a légpórustartalom görbe renormálásával kaptuk. Ennek a 0,3 mm alatti részét 100 térfogat%-nak tekintve állítottuk elő a légbuborékeloszlás görbéjét.

A légbuborékeloszlás görbéjét reciprok beosztású abszcissza-tengely felett megrajzolva (*4. ábra)* és a görbe alatti területet (T = 10,273 mm^2/mm^3) grafoanalitikusan meghatározva (*Kausay,* 2004), majd véve ennek hatszorosát, kiszámítottuk a légbuborékok térfogati fajlagos felületét (f_v = 61,639 mm^2/mm^3) (Szemmegoszlási jellemzők ❖). Alkalmazva a $D_b = 6/f_v$ összefüggést, megkaptuk annak a hatékony „egyszemcsés” helyettesítő légbuboréknak a méretét (D_b = 0,097 mm), amelynek ugyanakkora térfogati fajlagos felülete van, mint a példabeli légbuborékeloszlásnak (*4. ábra*). Egy helyettesítő légbuborék térfogata: $V_b = 4{,}778 \cdot 10^{-4}$ mm^3. A helyettesítő légbuborék D_b méretét a *3. ábrán* is feltüntettük.



3. ábra: Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa légpórus- és légbuborékeloszlása

Az $\bar{L}$ távolsági tényező meghatározásához elő kell állítani az idealizált cementkő-modellt. Tételezzük fel, hogy a példabeli beton friss korában, bedolgozott állapotban ténylegesen 1800 kg/m^3 adalékanyagot tartalmazott és az adalékanyag testsűrűsége 2,64 kg/dm^3 volt. Ebből az összetételből adódik, hogy a vizsgált beton 1000 litere friss korában V_a = 1800/2,64 = 681,8 liter térfogatú adalékanyagot tartalmazott. Eszerint a vizsgált beton cementkőtartalma:

$$P = \frac{1000 - V_a}{1000} = \frac{1000 - 681{,}8}{1000} = 0{,}3182 \quad m^3 / m^3$$

A vizsgálat eredményeként fenn azt kaptuk, hogy a beton hatékony légbuboréktartalma: A_{300} = 2,46 térfogat%. Tekintve, hogy a légbuborékok a cementkőben találhatók, a cementkő hatékony légbuboréktartalma:

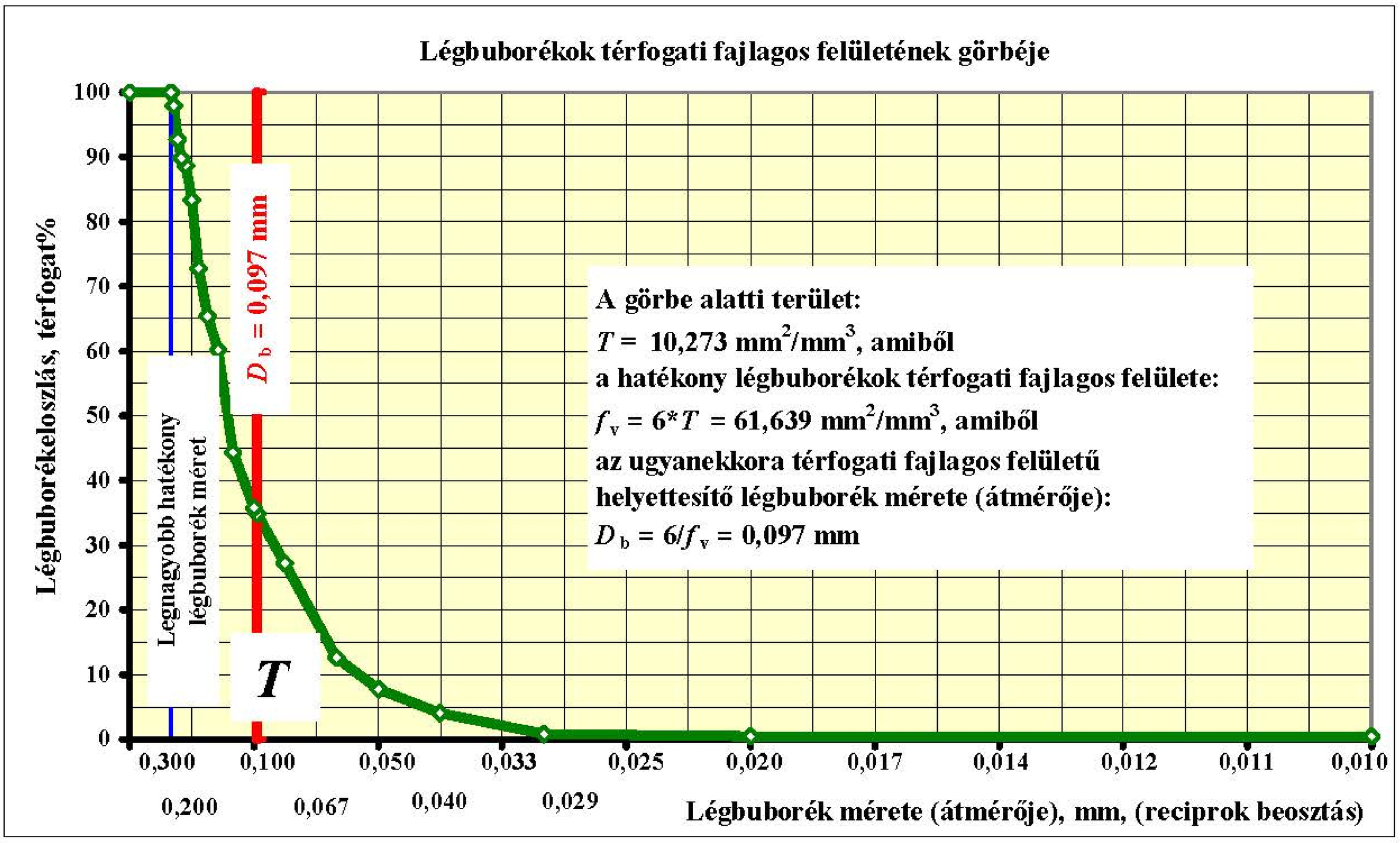
$$L_{CK}{}^{\%} = \frac{A_{300}}{P} = \frac{2{,}46}{0{,}3182} = 7{,}73 \quad térfogat\ \%$$

Ha a példában egy helyettesítő légbuborék térfogata (mint fenn láttuk): $V_b = 4{,}778 \cdot 10^{-4}$ mm^3, akkor az 1 mm^3 térfogatú cementkőben lévő összesen $L_{CK} = L_{CK}{}^{\%}/100 = 7{,}73 \cdot 10^{-2}$ mm^3 térfogatú hatékony légbuborék mennyiséget

$$N = \frac{L_{CK}}{V_b} = \frac{7{,}73}{4{,}778} \cdot 10^2 = 161{,}76 \quad darab$$

légbuborék képezi. Fentiek szerint a távolsági tényező értéke az $N^{-1/3}$ [mm] élhosszúságú elemi cementkő kocka átlója és a helyettesítő hatékony légbuborék D_b átmérője különbségének a fele. Ha az 1 mm^3 térfogatú elemi cementkő kockában N = 161,76 db, D_b = 0,097 mm átmérőjű helyettesítő hatékony légbuborék van, akkor a példabeli távolsági tényező értéke:

$$L^{-} = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\sqrt{3}}{\sqrt[3]{N}} - D_b\right) = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\sqrt{3}}{\sqrt[3]{161{,}76}} - 0{,}097\right) = 0{,}110 \quad mm$$



4. ábra: Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa légbuborékainak térfogati fajlagos felületi görbéje

A légbuborék szerkezet vizsgálatával *Erdélyi* (1997), a vizsgálathoz szükséges csiszolat elkészítésével *Zimonyi* (1997) foglalkozott részletesen. A hagyományos módon végrehajtott, fáradtságos és időigényes vizsgálatot és a vizsgálati eredmények értékelését napjainkban már számítógéppel és videokamerával társított sztereomikroszkópos, automata műszerrel (AAVA, automated air void analyzer) fél órán belül el lehet végezni (*Pade* et al., 2002), (*5. ábra*)

5. ábra: „RapidAir 457" típusú automata műszer a légbuborék szerkezet vizsgálatára.
Forrás: www.concrete-experts.com/pages/air_void.htm

Felhasznált irodalom

Balázs György: A beton károsodásának okai fagy és légköri szennyeződések hatására. Fejezet a „Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Általános diagnosztikai vizsgálatok" című könyvben (szerk. Balázs György és Tóth Ernő), Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.

Erdélyi Attila – Zimonyi Gyula: A megszilárdult beton légbuborék-szerkezetének vizsgálata. Fejezet a „Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Általános diagnosztikai vizsgálatok" című könyvben (szerk. Balázs Gy. és Tóth E.), pp. 164-179., Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.

Kausay Tibor: Beton adalékanyagok szemmegoszlási jellemzőinek számítása grafoanalitikus módon. Vasbetonépítés, VI. évfolyam, 2004. 1. szám, pp. 3-11.

Pade, C. – Jakobsen, U. H. – Elsen, J.: A New Automatic Analysis System for Analyzing the Air Void System in Hardened Concrete, Proceedings of the International Cement Microscopy Association, pp. 204-213., ed. Jany, L, and Nisperos, A., San Diego, 2002.

Setzer, M. J.: Die Mikroeislinsenpumpe – Eine neue Sicht bei Frostangriff und Frostprüfung. Fejezet a 14. Ibausil Konferencia kiadványában, 1. kötet., Weimar, 2000.

Ujhelyi János: Beton-ismeretek, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2005.

MSZ 4798-1:2004 Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon

MSZ EN 480-11:2006 Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 11. rész: A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása

MSZ EN 934-2:2002 Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés. Módosítva: A1:2005 és A1:2006

ASTM C457:1998 Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete

ÖNORM B 4710-1:2007 Beton – Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. Az ÖNORM EN 206-1 európai szabvány osztrák nemzeti alkalmazási dokumentuma

Jelmagyarázat: ❖ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

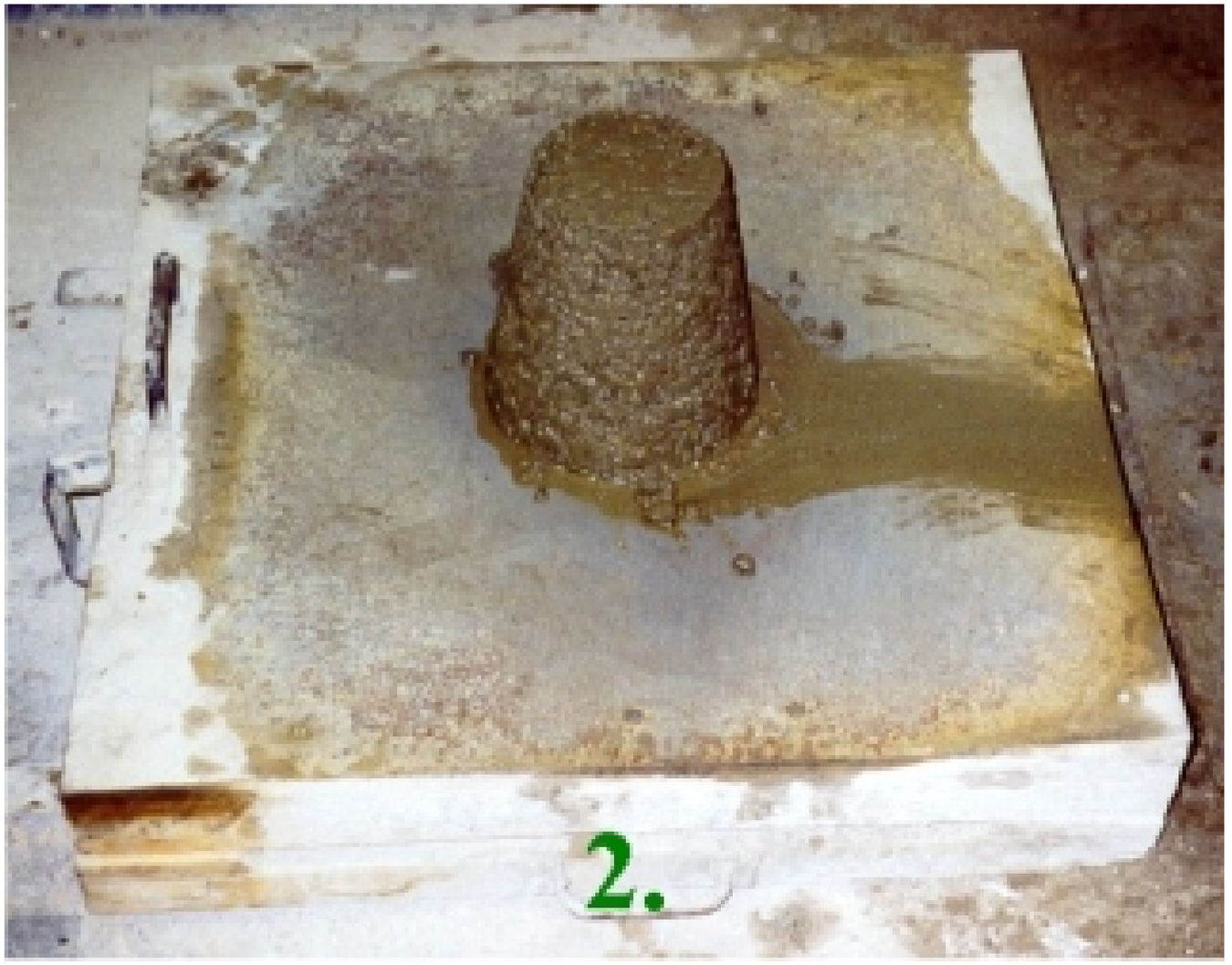
A cikk eredeti változata megjelent a	BETON szakmai havilap	2008. november havi számának 8-9. oldalán és 2008. december havi számának 16-18. oldalán

Beton konzisztencia osztályok, mérőszámok, vizsgálatok a magyar nemzeti és a honosított európai szabványok szerint

Konzisztencia mérőszám megnevezése	Beton (főképp kavicsbeton) konzisztencia osztályok jele, megnevezése és mérőszámainak határértékei az egykori és a mai magyar nemzeti szabványok szerint					
	AFN Alig föld-nedves	FN Föld-nedves	KK Kissé képlékeny	K Képlékeny	F Folyós	Ö Önthető
	Érvénytelen MSZ 4714:1955	Érvényes MSZ 4714-3:1986				Érvénytelen MSZ 4714:1955
Roskadási mérték, mm		< 20	20 - 40	41 - 100	100 <	
Terülési mérték, cm		< 36	36 - 42	43 - 50	50 <	
Ejtőkengyeles átformálási ütésszám, db		> 100	100 - 51	50 - 16	15 - 8	8 >
VEBE-méteres átformálási vibrációs idő, s	> 50	50 - 21	20 - 8	7 - 3	2 ≥	
Glanville-féle tömörödési tényező	< 0,70	0,70 - 0,75	0,76 - 0,85	0,86 - 0,92	0,93 - 0,97	0,97 <
Humm-féle behatolási ütésszám, db	ha a d_{max} = 16 mm	20 - 16	15 - 6	5 - 3	2 - 1	
	ha a d_{max} = 32 mm	100 - 51	50 - 21	20 - 11	10 - 6	
Graf-féle behatolás mértéke, cm	0 - 1	1 - 3	3 - 6	6 - 10	10 <	
Kanálpróba ütésszám, db	35 - 25	25- 15	15 - 5	5 - 2	2 - 0	
Walz-féle tömörítési mérték, átlag		1,35	1,20	1,10	1,05	
Hígítási tényező, átlag	0,85	1,00	1,15	1,25	1,35	1,45
A konzisztencia számjele a régi MSZ 4719:1958 szabványban, a cm-ben kifejezett roskadási mérték alapján						
	(0)	(1)	(3)	(10)	(15)	(20)

Roskadás mérés

1.


2.

3.

Terülés mérés

Ejtőkengyeles konzisztencia mérő eszköz az átformálási ütésszám meghatározásához

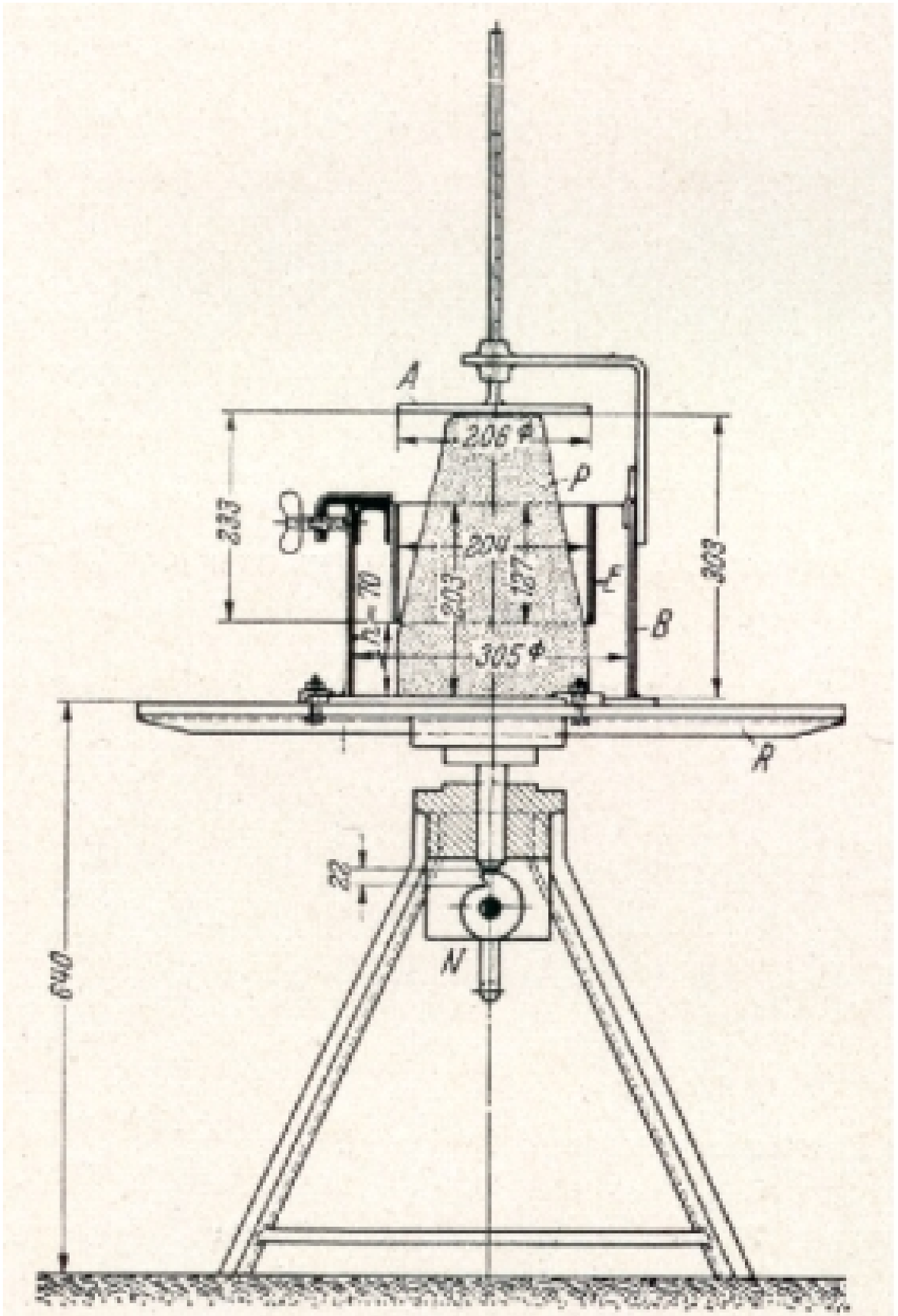


Abb. 261. Gerät für den Umformversuch durch Stöße (Gerät nach Powers).

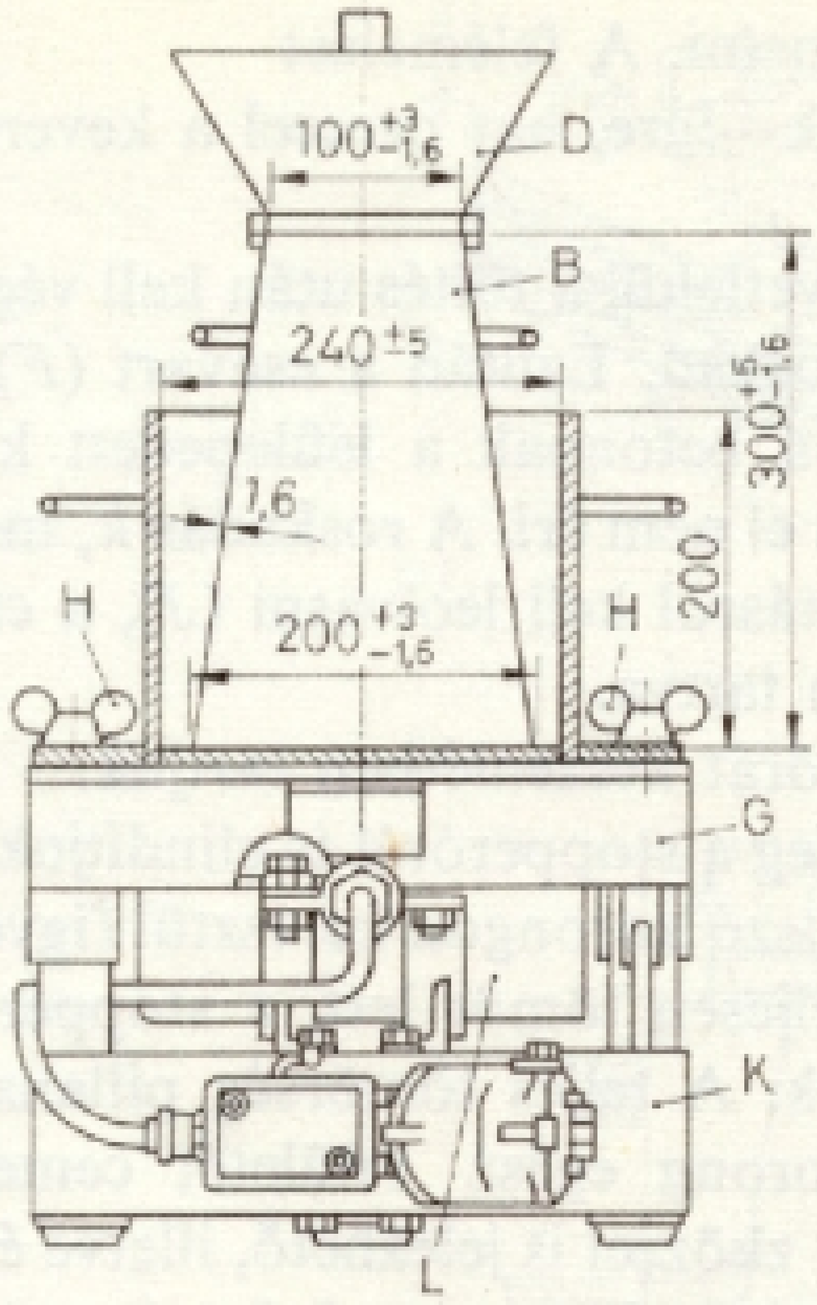
Az eredeti Powers-féle készülék az átformálási ütésszám meghatározásához

Graf, Otto:
Die Eigenschaften des Betons
Springer-Verlag.
Berlin/Göttingen/Heidelberg,

1950.

VEBE-méteres átformálási idő mérés

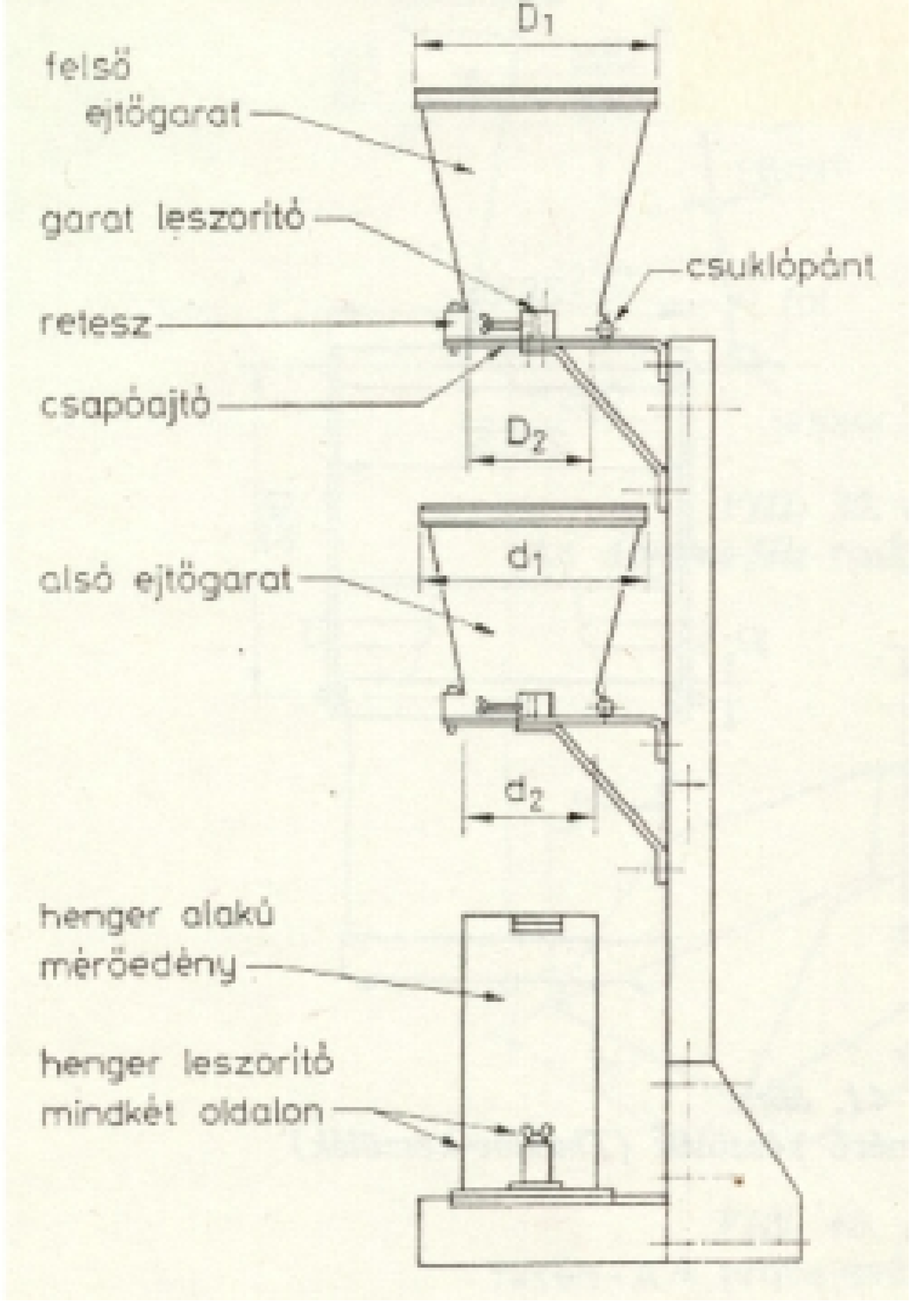
Palotás László - Balázs György:
Mérnöki szerkezetek anyagtana.
3. kötet.
Akadémiai kiadó. Budapest, 1980.



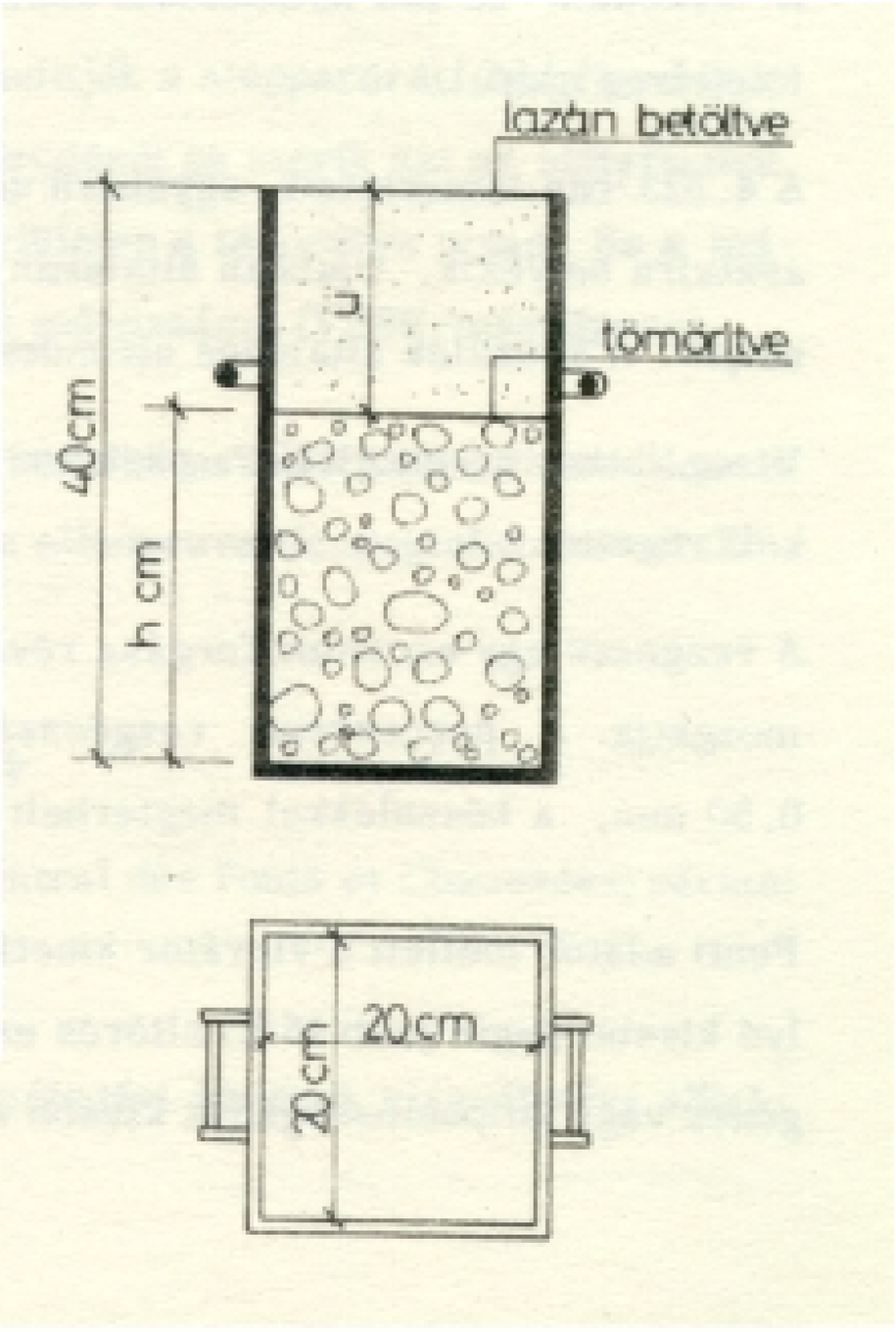
vibrátor 3000/perc névleges rezgésszámmal és 0,5 mm amplitudóval

Vizsgáló eszköz a Glanville-féle tömörödés méréséhez

Polonis László - Balázs György:
Mérnöki szerkezetek anyagtana.
3. kötet
Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980.



Weiss György:
Építőipari
Laboratóriumi
Méréstechnika
és Műszerismeret
III. kötet
ÉMI 28. sz. kiadványa
ÉTK Budapest, 1976.

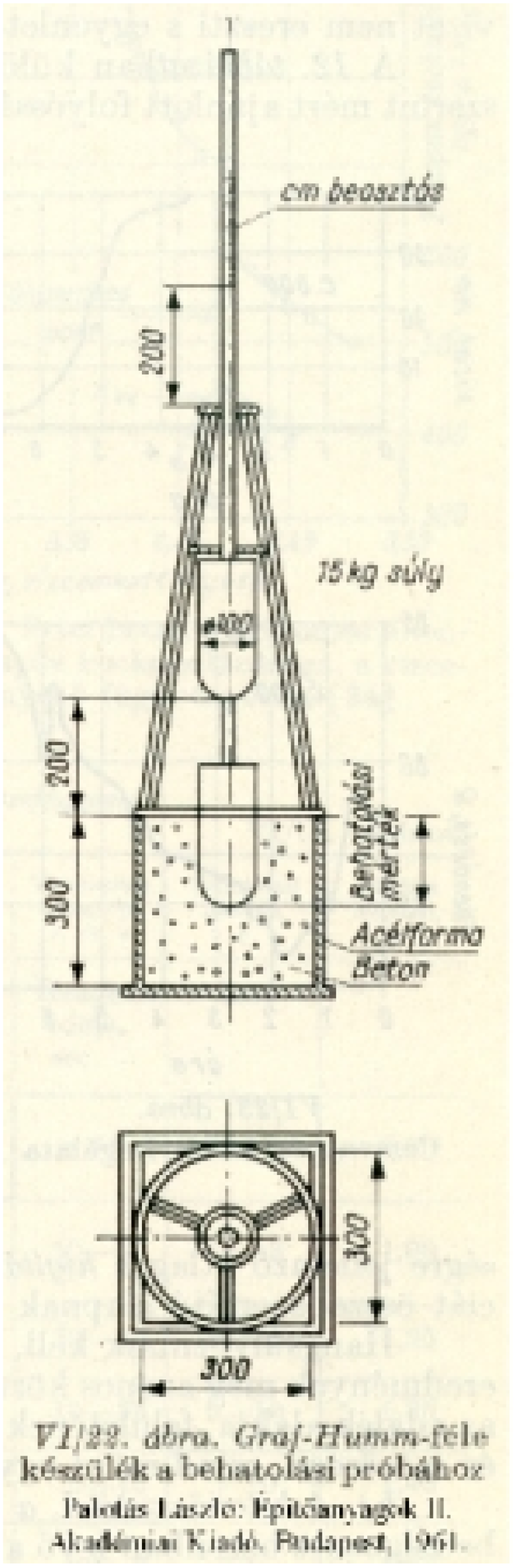


113. ábra
Walz készülék. DIN 1045

A fényképet a
Magdeburger Prüfgerätebau GmbH
http://www.hmp-online.de/beton_02de.html
című web oldaláról töltöttük le.

Vizsgáló eszköz
a Walz-féle
tömörítés
méréséhez

Graf-féle ejtősúlyos, behatolási mélység mérő készülék

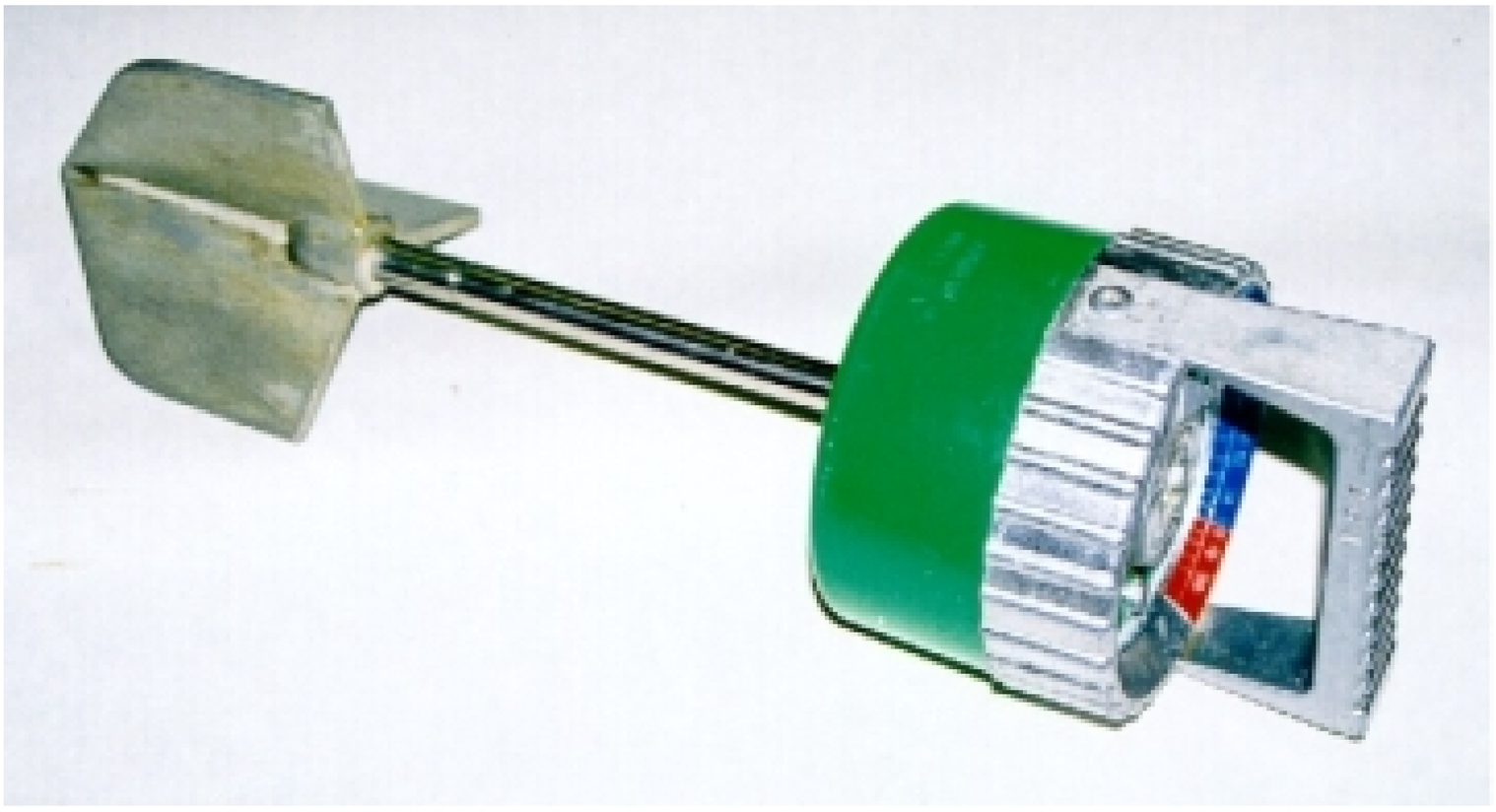


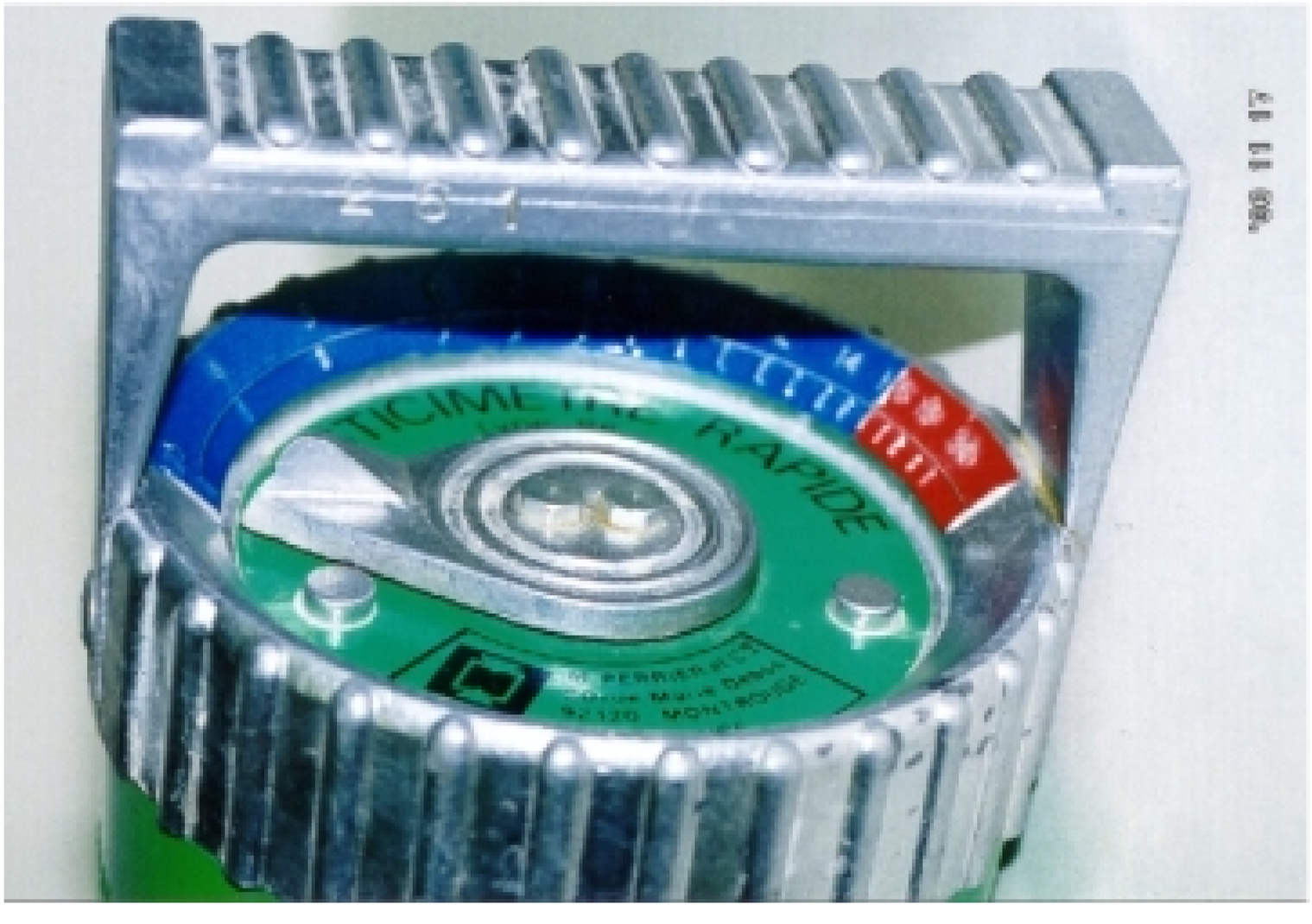
VI/22. ábra. Graf-Humm-féle készülék a behatolási próbához

Palotás László: Építőanyagok II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1961.

Abb. 254. Gerät für den Eindringversuch.

Humm-féle szonda a behatolási ütésszám meghatározásához





Plasztici méter a friss beton nyírási ellenállásának méréséhez

A beton konzisztencia fizikai, a folyadékok viszkozitásával rokon betontechnológiai fogalom, amely a friss beton mozgással szembeni ellenállását, belső súrlódását, alaktartását fejezi ki. A beton konzisztenciája első sorban a friss beton szállíthatóságát és bedolgozhatóságát befolyásolja, de hatással van a beton cement- és vízigényére, zsugorodására, a megszilárdult beton struktúrájára, szilárdságára is.

Ha ide kattint, akkor megtekintheti a konzisztencia mérő eszközök fényképeit és ábráit.

1. Jegyzetek a magyar nemzeti szabványok szerinti beton konzisztencia méréshez

- Az MSZ 4719:1982 "Betonok" című magyar nemzeti termék szabvány az FN, KK, K, F jelű konzisztencia osztályokat ismeri. E konzisztencia osztályok mérőszámainak határértékei az MSZ 4714-3:1986 "A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A konzisztencia meghatározása" című szabvány függelékében találhatók. Az alig földnedves (AFN) és az önthető (Ö) konzisztencia osztályt az 1978-ig érvényben volt MSZ 4714:1955 vizsgálati szabvány és az 1977-ig érvényben volt MSZ 4719:1958 termék szabvány tartalmazta, de egyes nemzeti és nemzetközi szabványokban ma is szerepelnek.
- A fenti táblázatban, a napjainkban legáltalánosabban alkalmazott konzisztencia osztályok és konzisztencia mérési módszerek mezejében a konzisztencia mérőszámok határértékeit **vastag számokkal** szedtük.
- Az MSZ 4719:1982 szabvány vizsgálati módszerként az MSZ 4714-3:1986 szabvány eljárásait jelöli meg. Ezért a friss beton konzisztenciájának nemzeti, minősítő erejű vizsgálatát jelenleg az MSZ 4714-3:1986 vizsgálati szabvány szerint kell végezni.
- Az egyes konzisztenciamérő készülékek a fenti táblázatban sárga színnel kiemelt mezők konzisztencia tartományában alkalmazhatók megbízhatóan.
- Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti **roskadási mérték** (németül: Setzmaß {nach Abrams}; EN 12350-2:1999, EN 206-1:2000) és a **terülési mérték** (németül: Ausbreitmaß {nach Graf}; DIN 1048-1:1991, EN 12350-5:1999, EN 206-1:2000) régóta a legáltalánosabban használt konzisztencia jellemzők. A vizsgálatokat leíró európai szabványokat hazánkban is honosították. Mindkét módszernek eszköze a csonkakúp forma, a roskadás méréshez magasabb, nagyobb térfogatú, a terülés méréshez alacsonyabb, kisebb térfogatú kialakítással. A roskadás mérési csonkakúp forma mérete 200/100*300 mm, térfogata 5498 cm^3. A terülés mérési csonkakúp forma mérete 200/130*200 mm, térfogata 4341 cm^3. A szabványos roskadás mérési csonkakúp formát **Abrams-féle kúpnak** is nevezik, és más konzisztencia vizsgálati módszerekhez, például a szabványos ejtőkengyeles, és a

szabványos VEBE-méteres átformáláshoz is alkalmazzák. • A gyakorlatban azt látni, hogy az öntömörödő betonok (németül: Selbstverdichtender Beton, angolul: Self Compacting Concrete, ebből rövidítve: SCC) terülés méréséhez nem a terülés mérési, hanem a roskadás mérési, Abrams-féle csonkakúp formát használják. Ez csalóka eredményt ad (anélkül, hogy e betonféleség erős folyósságát - terülési mértéke legalább 55 cm - bárki kétségbe vonná), ha a nem-öntömörödő beton terülési mértékéhez hasonlítják, hiszen az ugyanolyan folyósságú beton akkor is szélesebbre terül, ha a térfogata nagyobb, ráadásul a mérés előtti helyzetben súlypontja magasabban van. • Érdekes és indokolt, hogy az ASTM C 995:1991 "Standard Test Method for Time of Flow of Fiber-Reinforced Concrete Through Inverted Slump Cone" című USA szabvány a szálerősítésű, d_{max} <40 mm legnagyobb szemnagyságú, nem folyós betonok konzisztenciájának méréséhez kisebb nyílásával lefelé fordított, szabványos Abrams-féle kúpot alkalmaz. Az USA szabvány a szálerősítésű betonok konzisztenciáját a beton, a tölcsérszerűen elhelyezett Abrams-kúpból, vibrálás hatására való kifolyásának idejével jellemzi [10, 11].

- Az **átformálási ütésszámot** régebben **Powers-foknak**, a vizsgálatot Powers-féle konzisztencia vizsgálatnak nevezték [1, 2, 3, 4, 8]. A mai ejtőkengyeles készülék henger alakú mérőedénye 233,5 mm belső átmérőjű és ugyanilyen magas, az eredeti Powers-féle készüléké 240 mm belső átmérőjű és 200 mm magas [8], módosított változatáé 300 mm belső átmérőjű és 200 mm magas volt [4, 8]. A módosított változat voltaképpen nem más, mint az MSZ 4714:1955 szabványban szereplő, rázóasztalon álló, átformálási időt mérő, kettős hengeres Bährner-féle VEBE-méter, amely egykor 2,2 cm ejtési magasságú, az átformáláshoz szükséges ütéseket létrehozó ejtőasztalon állt, és a konzisztenciát az átformáláshoz szükséges ejtési ütések számával fejezte ki (ez utóbbi módszer neve németül: Verformungsversuch nach Powers). Az egyszerű ejtőkengyeles berendezést **Thaulov-készüléknek is hívták [5].**
- A **VEBE-méteres átformálás** (németül: Vebe-Prüfung, Vebe-Zeit-Prüfung; EN 12350-3:1999) a Powers-féle konzisztencia vizsgálat módosított formája. A készülék rázóasztalon áll, és az átformáláshoz szükséges vibrálási idő (németül: Setzzeit {nach Vébé}; EN 206-1:2000) mérésére alkalmas. A vizsgálatot leíró európai szabványt hazánkban is honosították. A berendezés a VEBE-méter megnevezést a svéd **Victor Bährner** nevének kezdőbetűi után kapta, aki konzisztencia vizsgálati módszerét 1940-ben publikálta a német "Zement" c. folyóiratban (Prof. Dr. Popovics Sándor közlése.). A Bährner-féle VEBE-méter fő méretei azóta sem sokat változtak, de szerkezete bizonyos fejlődésen ment át, az MSZ 4714:1955 szabvány még azt írta, hogy a rázóasztalra szerelt kettős henger átlátszó anyagból készült. A mai, MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti készülék henger alakú szimpla fémtartállyal rendelkezik, amelynek belső átmérője (240 mm) megegyezik az eredeti változat belső hengerének belső átmérőjével [5]. Az MSZ 4714:1955 szabvány és egy időben az irodalom [2, 4] a Bährner-féle VEBE-

méter mellett az attól annyiban különböző **Szkramtajev-módszert [6]** is tárgyalta, hogy az utóbbi a henger alakú tartály helyett 200 mm élhosszúságú kockaformát alkalmaz. A Szkramtajev-módszert Weisz György [7] 1936. évi hivatkozással ismerteti.

- Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti **Glanville-féle tömörödési** tényező fenti táblázatban szereplő mérőszámainak határértékei a $d_{max} < 32$ mm legnagyobb szemnagyságú betonok vizsgálatára alkalmas 5 dm^3 űrtartalmú hengerrel rendelkező, kisebb készülékre vonatkoznak. E kisebb készülék felső csonkakúpjának méretei: 260/130*280 mm. A készülék másik, ritkán használt, nagyobb méretváltozata a $d_{max} < 63$ mm legnagyobb szemnagyságú betonok vizsgálatára alkalmas, ennek henger-űrtartalma 20 dm^3. (A méretek a [5] irodalom 101. oldalán találhatók.) A Glanville-féle tömörödési tényezőt CF-számnak is szokták nevezni, az angol "Compacting Factor" kifejezés kezdőbetűi alapján. (BS 1881:1988) Az irodalom [5] a mérőeszközt Glanville-Rilem-féle készülék néven is említi (RILEM = Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Materiaux et les Constructions = Építőanyagok és szerkezetek laboratóriumi vizsgálatának és kutatásának nemzetközi egyesülete). A tömörödési tényező fogalmát dr. Palotás László már 1958-ban értelmezi [1].
- A **Humm-féle szondával való behatolási ütésszám** mérését az MSZ 4714-3:1986 szabvány függeléke írja le. A Humm-féle szondáról dr. Weisz György azt írja, hogy használata főképp Franciaországban terjedt el [8]. Az eljárás legalább 200 mm rétegvastagságú, bedolgozott, kötésben lévő betonok konzisztenciájának mérésére használható.
- A **Graf-féle**, máshol **Graf-Humm-féle** néven említett **ejtősúlyos, behatolás mérő készülék (**németül: Gerät für den Eindringversuch {nach Graf}) [1, 5, 7, 9] a Humm-féle szonda elődjének tekinthető. A Graf-féle behatolási mélység mérését az MSZ 4714:1955 szabvány tárgyalta, és még az 1960-as évtized második felében is használatban volt (e dolgozat szerzője még mért vele). Földnedves és képlékeny betonok konzisztenciájának mérésére volt alkalmas. Valószínűleg azért szorult ki a használatból, mert alkalmazásához nagy mennyiségű betonra (3*3*3=27 dm^3) volt szükség, és az ejtősúly tömege 15 kg volt.
- Érdekességként megemlítjük, hogy az MSZ 4714:1955 vizsgálati szabvány még a végtelenül egyszerű **"kanálpróbát"** is tárgyalta. A bedolgozatlan és simítatlan beton felületét léccel lehúzták, és szabványos kőműves kanállal addig mértek gyors és erélyes ütéseket kb. 25 cm magasról a beton felületére, amíg az fényes, csillogó, habarcsos nem lett. A kanálpróba eredményét a szükséges ütések száma jellemezte. Megfigyelhető, hogy adott konzisztencia esetén a kanálpróba ütésszáma közel megegyezik a Humm-féle szonda behatolási ütésszámával, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága $d_{max} = 16$ mm.
- Hazánkban nem terjedt el az 1980-as évek elején beszerzett, forgatónyomaték, illetve nyírási ellenállás mérésen alapuló, rugós, lapátos, **"plaszticiméter"**-nek nevezett, gyors konzisztencia vizsgáló (franciául:

Plasticimètre Rapide, angolul: Rap-Act Plasticity meter) készülék. A készülék szárát, amelyen három lapát van, és rugóerő ellenében a készülékfejben elforgatható, be kell meríteni a friss, be nem tömörített betonba. A készülék fejét el kell fordítani addig, amíg a beton nyírási ellenállásának legyőzése által a lapátok el nem fordulnak. A skálán ekkor leolvasott számérték (képlékeny beton esetén 2,5 - 16, folyós beton esetén 16 - 20) tájékoztatást ad a beton konzisztenciájáról.

- Nálunk eddig nem kifejezetten, inkább Németországban használatos konzisztencia jellemző a **Walz-féle tömörítési tényező** [5], amelyet tömörítési mértéknek (németül: Verdichtungsmaß {nach Walz}; DIN 1048-1:1991, EN 12350-4:1999, EN 206-1:2000) is neveznek. A módszert a konzisztencia jellemzésére az EN 12350-4:1999 európai szabvány átvette, és hazánkban is honosították, sajnos a címben az angol "Degree of compactability" kifejezést véletlenül tömörödési tényezőnek fordítva. (A tévedés kijavítására akkor lesz lehetőség, amikor az angol nyelvű, jóváhagyó közleményes szabványt magyar nyelven is kiadják.) A tömörítési tényező azt mutatja meg, hogy a laza állapotú beton térfogata a betömörített beton térfogatának hányszorosa. A tömörítési tényező értékét betontervezéskor annak kiszámítására szoktuk használni, hogy a betonkeverőgép dobjában megkeverhető betonadag laza térfogata hányszorosa a betonadag betömörítés utáni térfogatának, illetve, hogy a laza betonadag tömege hányadrésze az ugyanolyan térfogatú betömörített beton tömegének. (Például abból a képlékeny konzisztenciájú betonból, amelynek testsűrűsége friss állapotban, betömörítés után 2400 kg/m^3 lesz, az 1000 literes betonkeverő dobban 2400/1,1=2182 kg tömegű adag keverhető meg.) A Walz-féle tömörítési tényezőt 200*200*400 mm méretű álló hasáb formában mérik, és a laza, majd a betömörített beton magassága hányadosával fejezik ki. A betontervezéshez használt Walz-féle tömörítési tényező értékek a Glanville-féle tömörödési tényező MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti konzisztencia osztály határértékei közül közelítőleg a nagyobb érték reciprokának felelnek meg. A tömörítési tényezőt, igazodva a szabványos európai megnevezéshez, nevezzük a jövőben **tömörítési mértéknek.**
- A h**ígítási tényező** nem konzisztencia jellemző, hanem szintén betontervezéskor használatos, a beton konzisztenciájával összefüggő szám. A hígítási tényező azt adja meg, hogy a földnedves beton vízadagolásának hányszorosával lehet egy másik konzisztenciát elérni [1, 2, 4, 5]. A hígítási tényező a Bolomey-Palotás-féle betontervezési módszerben a redukált víz-cementtényező kiszámításának egyik faktora [5, 12].
- Az utóbbi években a friss beton konzisztenciáját tárgyaló magyar nemzeti szabványokkal egyidejűleg érvényben voltak **honosított nemzetközi szabványok** is. Az MSZ ISO 4103:1992 (A beton konzisztenciaosztályai), MSZ ISO 4109:1993 (Roskadásvizsgálat), MSZ ISO 4110:1993 (Vebe-vizsgálat), MSZ ISO 4111:1993 (Tömörítési mérőszám) szabványokat a Magyar Szabványügyi Testület 2001. nyarán visszavonta.

Irodalom:

[1] Palotás László szerkesztésében: Műszaki Értelmező Szótár I. kötet. Építőanyagok. Terra Kiadó. Budapest, 1958.
[2] Palotás László: Építőanyagok. II. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1961.
[3] Powers, T. C.: Studies of workability of concrete. Proc. Amer. Concr. Inst. 28. k. 1932. p. 419.
[4] Palotás László: Minőségi beton. Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Kiadó. Budapest, 1952.
[5] Palotás László - Balázs György: Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. Beton - habarcs - kerámia - műanyag. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980.
[6] Szkramtajev, B. G.: Építőanyagok. Ép. Kiadó. Budapest, 1953.
[7] Weisz György: A betonozás technológiája. Közlekedési Kiadó. Budapest, 1952.
[8] Weisz György: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. III. kötet. ÉMI kiadványsorozat, 28. sz. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1976.
[9] Graf, O.: Die Eigenschaften des Betons. Springer Verlag. Berlin, 1950.
[10] Kausay Tibor: A szálerősítésű betonok szabványosított vizsgálatai. A "Szálerősítésű Betonok" című, Budapesten, 1999. március 4-5-én tartott, a fib Magyar Tagozata által rendezett konferencia kiadványa, BME Kiadó, 97-113. p.
[11] Kausay Tibor: Szálerősítésű betonok szabványosított vizsgálatai és néhány tulajdonsága. [12] Kausay Tibor: Kavicsbeton tervezés a Bolomey-Palotás-féle képletek alapján.

2. Jegyzetek a honosított európai szabványok szerinti konzisztencia méréshez

A beton konzisztencia mérésével foglalkozó, honosított európai szabványok a következők:

- MSZ EN 12350-2:2000 A friss beton vizsgálata. 2. rész: Roskadásvizsgálat (Jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven.)
- MSZ EN 12350-3:2000 A friss beton vizsgálata. 3. rész: VEBE vizsgálat (Jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven.)
- MSZ EN 12350-4:2000 A friss beton vizsgálata. 4. rész: Tömörítési tényező (Jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven.). {A tömörödési tényező címfordítás nem fedi a szabvány tartalmát, mint arra a fentiekben kitértünk.}

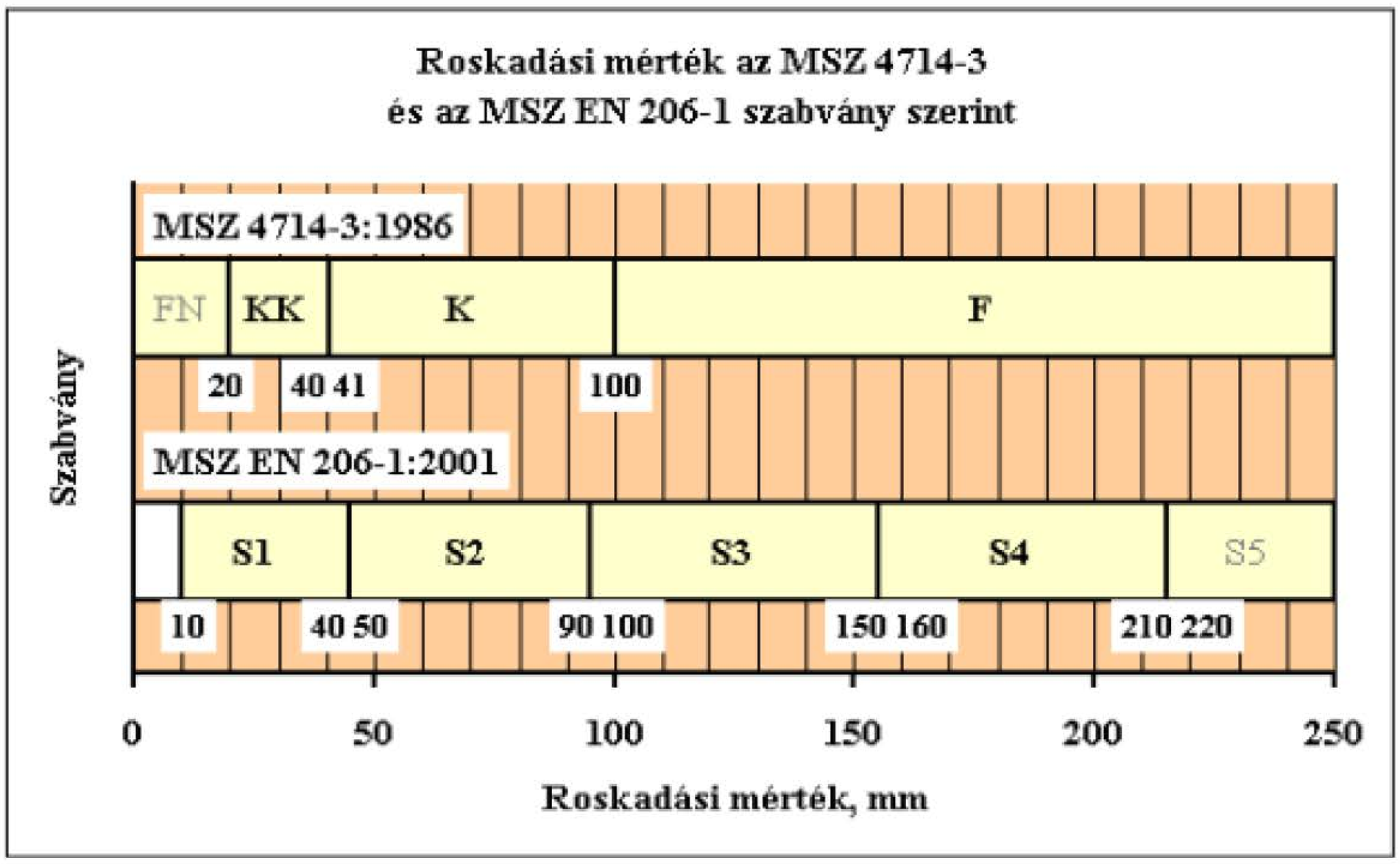
- MSZ EN 12350-5:2000 A friss beton vizsgálata. 5. rész: Terülésmérés ejtőasztalon (Jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven. A terülésmérés kézi eszközét ejtőasztalnak hívjuk, a címfordítás szerinti rázóasztalon gépi vibroasztalt értünk.)

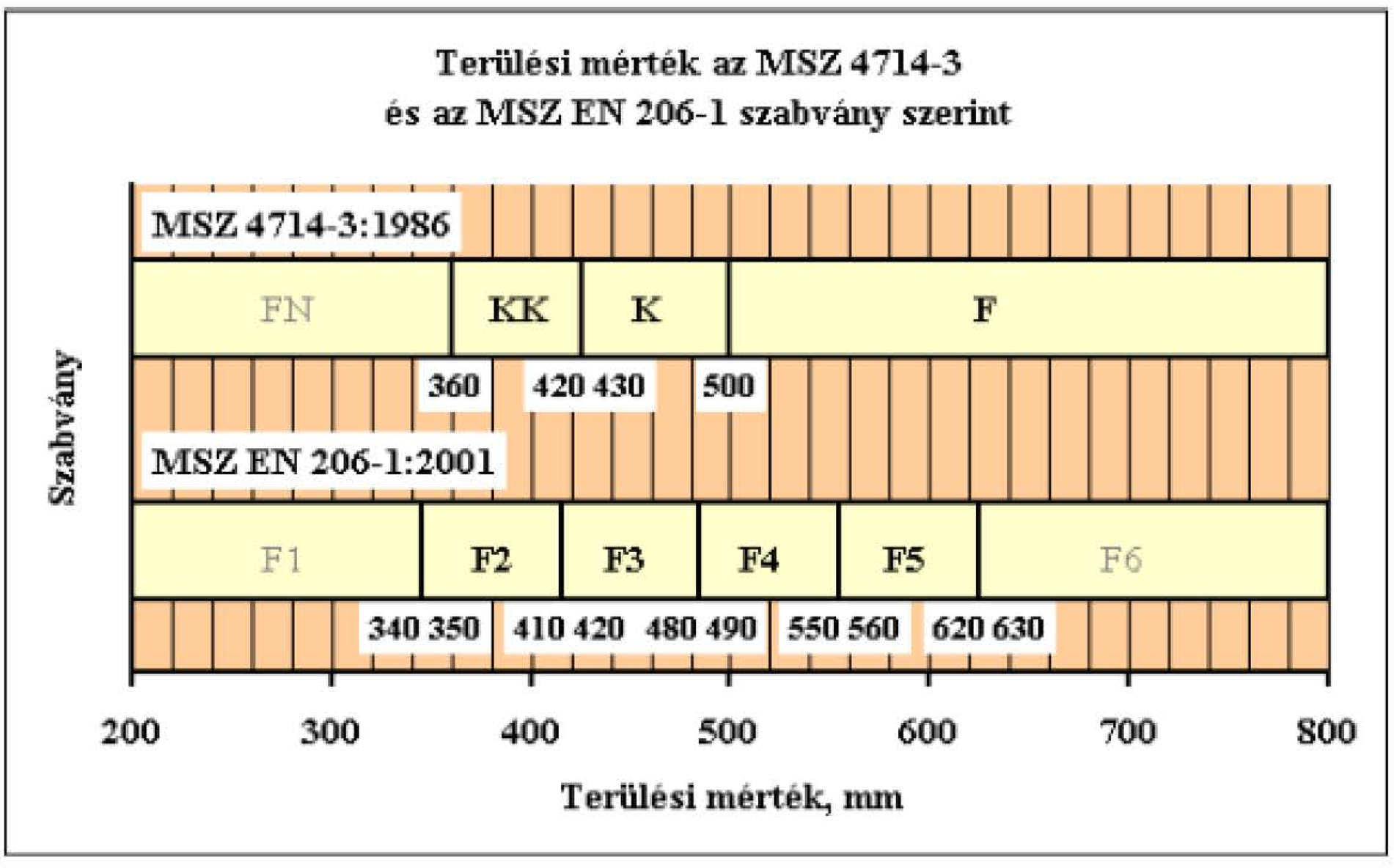
E szabványok szerint végzett vizsgálatok eredményei adják a konzisztencia mérőszámokat, és ezekre alapozva az MSZ EN 206-1:2002 "Beton. 1. rész: Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség" c. honosított európai szabvány konzisztencia osztályokat tartalmaz. (A táblázatok és ábrák készítése idején úgy gondoltuk, hogy a szabvány 2001. évi jelzetet kap.) A konzisztencia osztályok jele és azok mérőszám határértékei a következők:

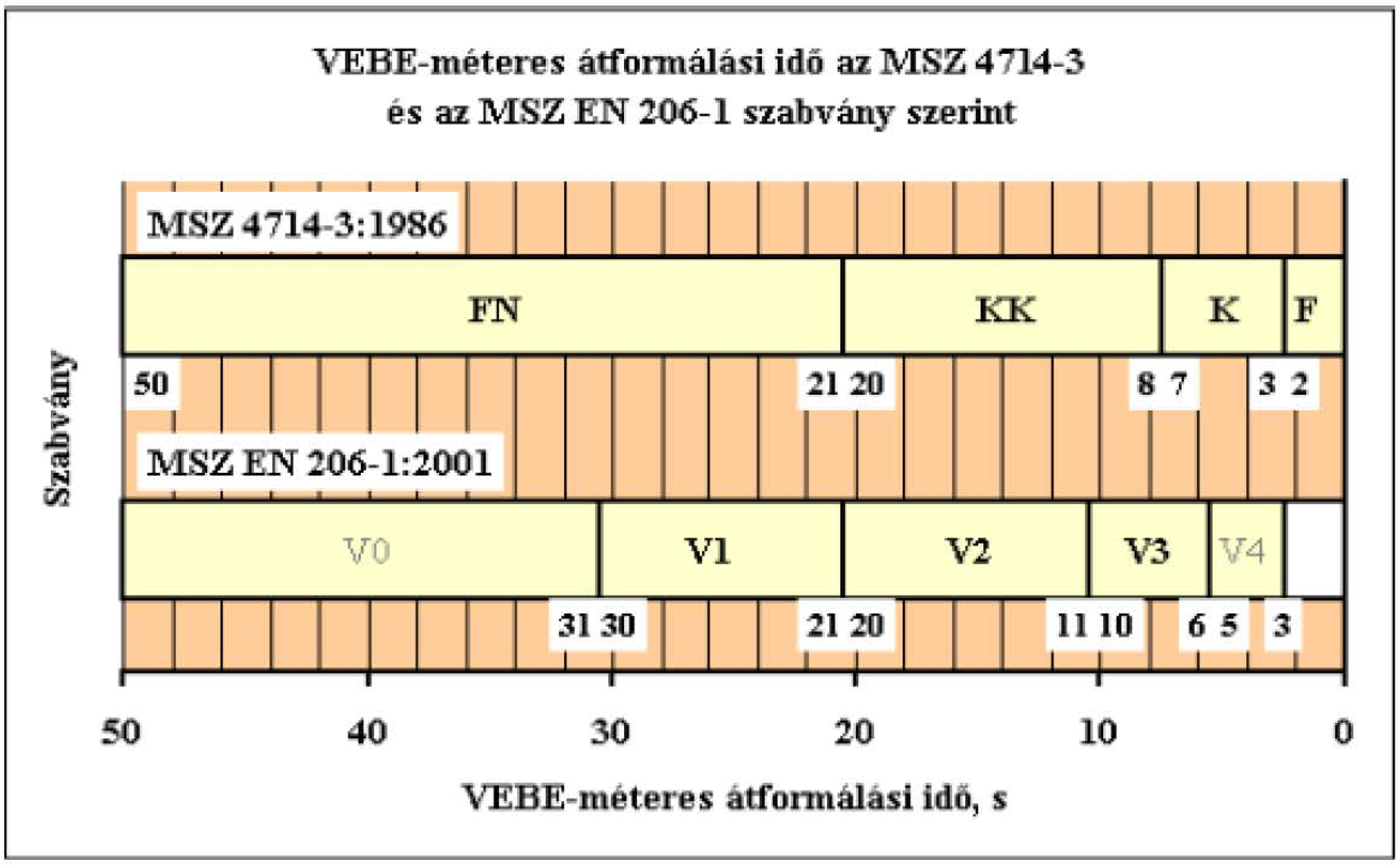
Konzisztencia osztályok az MSZ EN 206-1:2001 szabvány szerint	
Roskadási osztályok	Roskadási mérték, mm MSZ EN 12350-2:2000
S1	10 - 40
S2	50 - 90
S3	100 - 150
S4	160 - 210
S5*	220 ≤
Terülési osztályok	Terülési mérték, mm MSZ EN 12350-5:2000
F1*	≤ 340
F2	350 - 410
F3	420 - 480
F4	490 - 550
F5	560 - 620
F6*	630 ≤
VEBE osztályok	VEBE-méteres átformálási idő, s MSZ EN 12350-3:2000
V0*	≥ 31
V1	30 - 21
V2	20 - 11
V3	10 - 6
V4*	5 - 3
Tömörítési osztályok	Tömörítési mérték MSZ EN 12350-4:2000
C0*	≥ 1,46
C1	1,45 - 1,26
C2	1,25 - 1,11
C3	1,10 - 1,04
Megjegyzés: A *-gal jelölt osztályokban a vizsgálati módszerek kevéssé érzékenyek.	

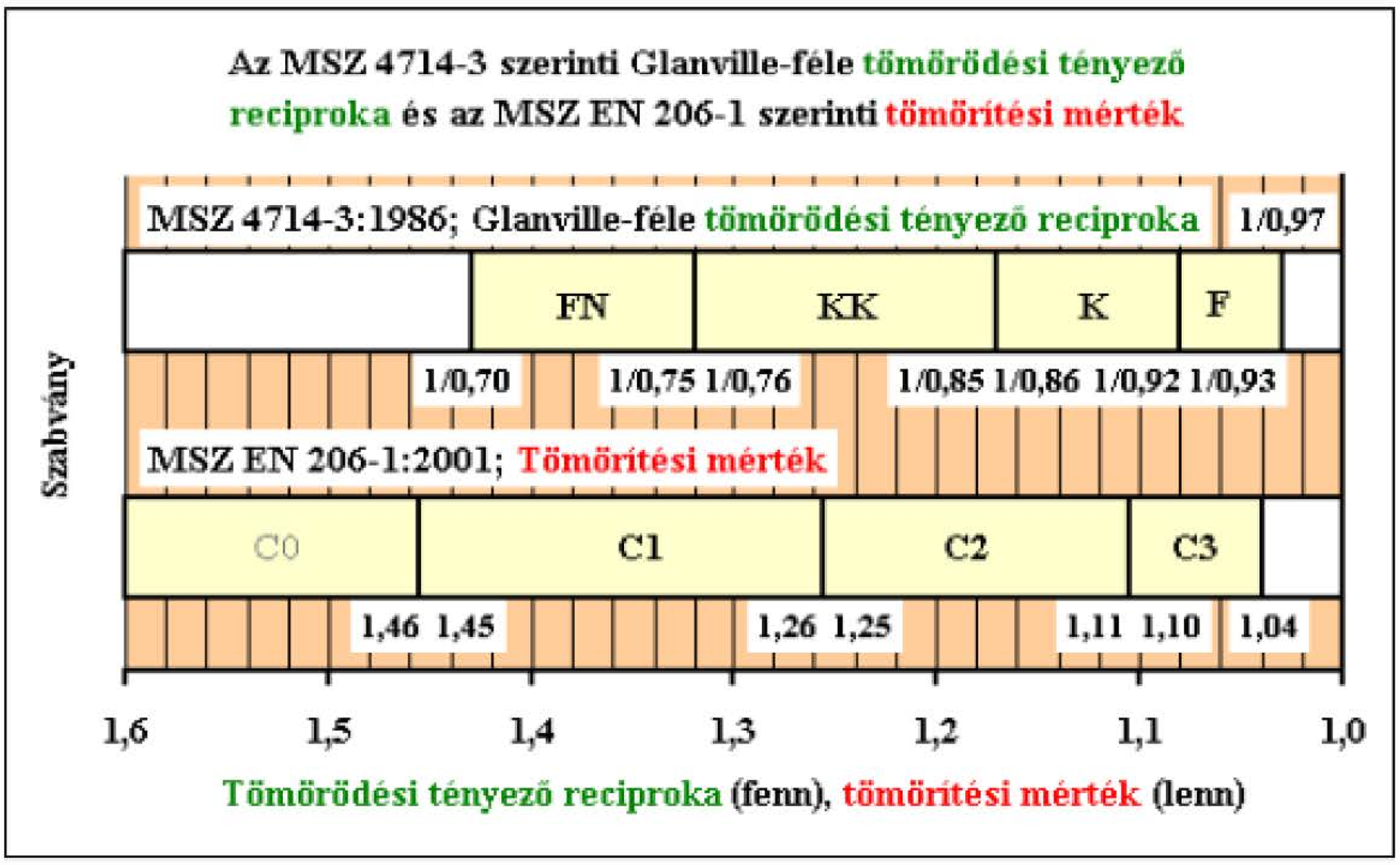
Az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerinti konzisztencia osztály jelek nem tartalmaznak utalást a konzisztencia jellegére. A konzisztencia megítélését és az európai konzisztencia osztály jelek közötti eligazodást megkönnyítheti, ha az európai és a magyar konzisztencia osztályokat egymással vizsgálati módszerenként összehasonlítjuk. Ezt a roskadási mérték, a terülési mérték, a VEBE-méteres

átformálási idő esetén könnyen megtehetjük, mert ezek a konzisztencia vizsgálati módszerek mind európai, mind magyar vonatkozásban szabványosak. A tömörítési mértékkel kapcsolatban gondot jelent, hogy annak vizsgálatát a hazai szabványok nem tárgyalják, és így konzisztencia osztályokat sem rendelnek hozzá, azaz az európai tömörítési osztályokat közvetlenül nincs mihez hasonlítani. Minthogy azonban a tömörítési mérték közelítőleg egyenlő a hazai szabványokban szereplő Glanville-féle tömörödési tényező reciprokával, ez utóbbit a közvetett összehasonlítás alapjául használhatjuk.









Az összehasonlító ábrák alapján készítettünk egy összefoglaló táblázatot, amelyben az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerinti konzisztencia osztályokat az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti konzisztenciák jellege szerint csoportosítottuk. A táblázatot közelítő pontossága miatt óvatosan kell használni, mégis például a betontervezés vagy a friss beton konzisztenciájának ellenőrzése során jó szolgálatot tehet. A FENTI ÁBRÁKON A HELYES ÉVSZÁM: MSZ EN 206-1:2002 LENNE.

Konzisztencia jellege az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint	Konzisztencia osztályok az MSZ EN 206-1:2001 honosított európai szabvány szerint			
	Roskadási osztály	Terülési osztály	VEBE osztály	Tömörítési osztály
(Alig földnedves)				C0*
Földnedves	S1	F1*	V0*	C1
			V1	
Kissé képlékeny		F2	V2	
			V3	C2
Képlékeny	S2	F3		
			V4*	C3
Folyós	S3	F4		
	S4	F5		
	S5*	F6*		

Az MSZ EN 12350-4:2000 szerinti tömörítési mérték fogalmát Walz-féle tömörítési mértékként ismerjük, de vizsgálata nálunk eddig nem volt szabványos. Nem szabad összetéveszteni a Glanville-féle tömörödési tényezővel. Az MSZ EN 12350-4:2000 szerinti módszer akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm, és a konzisztencia osztály C1 - C3 közötti. A vizsgáló eszköz 200*200 mm alapterületű, 400 mm magas fém edény, amelyet lazán meg kell tölteni betonnal, és le kell húzni. Ezután a betont vibroasztalon, vagy merülő vibrátorral tömöríteni kell. A tömörítési mérték a beton eredeti magasságának (400 mm) és a tömörítés utáni magasságának a hányadosa. A módszer pontosságára jelenleg nincs adat.

Az európai szabványokban szereplő roskadás mérés, terülés mérés, átformálási idő mérés sem ismeretlen a hazai betontechnológusok körében, hiszen ezek a beton konzisztencia vizsgálati módszerek hazánkban régóta szabványosak. Kínálkozott a gondolat, hogy állítsuk párhuzamba a hazai és az európai konzisztencia mérési módszereket, és vizsgáljuk meg, hogy van-e számottevő eltérés közöttük. E helyen a leglényegesebb, egyébként nem túl jelentős eltéréseket mutatjuk be, de utalunk arra is, hogy az MSZ EN 206-1:2002 szabvány sincs teljes összhangban az európai konzisztencia vizsgálati szabványokkal, ami az alkalmazhatóság feltételeit illeti:

Roskadási mérték meghatározása

Eltérés van az alkalmazhatóság megítélésében. Az MSZ 4714-3:1986 szabvány az FN földnedves, az MSZ EN 12350-2:2000 és az MSZ EN 206-1:2002 szabvány az S5 konzisztencia osztályú beton esetén tartja a módszert pontatlannak, de az S5 osztály alsó határértékeként kissé eltérő számokat adnak meg. Az MSZ EN 12350-2:2000 szabvány szerint a módszer akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 40 mm.

Az MSZ EN 12350-2:2000 szabványban csak egyféle csonkakúp szerepel, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a 32 mm < d_{max} < 63 mm esetre másfélszeres méretű kúp használatát írja elő.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a csonkakúpot négy rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen 4*25=100 szúrással kell tömöríteni, MSZ EN 12350-2:2000 szabvány szerint három rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen 3*25=75 szúrással kell tömöríteni.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a roskadást 1 mm pontossággal, az MSZ EN 12350-2:2000 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adja, míg az MSZ EN 12350-2:2000 szabvány egy mérés eredményét is elfogadhatja, és legfeljebb egy ismétlést ír elő.

Az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételeket az MSZ EN 12350-2:2000 szabvány egyes mérések és két mérésből álló vizsgálatok esetére tárgyalja, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismeri.

Terülési mérték meghatározása

Mind a két szabvány pontatlannak tartja a módszert az FN illetőleg F1 földnedves konzisztenciák tartományában, az MSZ EN 12350-5:2000 és az és az MSZ EN 206-1:2002 szabvány az F6 osztályban is, de az F6 osztály alsó határértékeként kissé eltérő számokat adnak meg. Az MSZ EN 12350-5:2000 szabvány szerint a módszer akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a terülést 1 cm pontossággal, az MSZ EN 12350-5:2000 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni, ami ugyanaz, de a mértékegység más.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adja, míg az MSZ EN 12350-5:2000 szabvány egy mérés eredményét is elfogadhatja, és egy ismétlésre közvetve utal.

Az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételeket az MSZ EN 12350-5:2000 szabvány egyes mérések esetére tárgyalja, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismeri.

VEBE-méteres átformálási idő meghatározása

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a módszerrel az összes beton konzisztenciája meghatározható, az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerint csak a V1 - V3 konzisztencia osztályba tartozó betonok esetén, és akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a forgókar függőleges rúdján mm-es beosztás van, az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerint 5 mm-es beosztás van.

Hasonlóan a roskadás méréshez az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a csonkakúpot négy rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen 4*25=100 szúrással kell tömöríteni, MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerint három rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen 3*25=75 szúrással kell tömöríteni.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a roskadást 1 mm pontossággal, az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adja, míg az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány egy mérés eredményét is elfogadhatja, és egy ismétlésre közvetve utal.

Az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételekre az MSZ EN 12350-3:2000 szabványban jelenleg nincs adat, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismeri.

Mind a négy módszerre jellemző, hogy az európai szabványok az eszközök méretét tűréssel adják meg, míg az MSZ 4714-3:1986 szabvány csak elvétve.

Az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány különleges esetekben megengedi a konzisztencia osztályoktól való eltérést, és mind a négy módszerre megadja a konzisztencia tervezett értékeinek tűréseit.

Az ismételhetőség és összehasonlíthatóság fogalmát, amely a magyar szabványokban csak igen ritkán, az európai szabványokban azonban gyakran előfordul, szükségesnek tartjuk a következőkben külön is értelmezni.

3. A konzisztencia vizsgálati európai szabványok ismétlési (ismételhetőségi) és összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételeinek értelmezése

A honosított MSZ EN 12350-2:2000 és MSZ EN 12350-5:2000 konzisztencia vizsgálati európai szabványok megadják az **ismételhetőség** (németül: Wiederholbarkeit) és az **összehasonlíthatóság** (németül: Vergleichbarkeit) feltételeinek számértékeit arra az esetre, ha a statisztikai biztonság értéke 0,95,

- és a roskadási mérték 50 - 80 mm közé esik (S2 konzisztencia osztály), és az eredményeik összeférhetősége szempontjából megítélendő két vizsgálat mindegyike vagy egy mérésből, vagy két mérésből áll;
- illetve, ha a terülési mérték 555 mm (F4 és F5 konzisztencia osztályok határa), és az eredményeik összeférhetősége szempontjából megítélendő két vizsgálat mindegyike egy mérésből áll.

Megemlítjük, hogy a szabványok szóhasználata szerinti "ismételhetőségi feltétel" szinonimája az **"ismétlési feltétel"**, az összehasonlíthatósági feltétel" szinonimája az **"összehasonlítási feltétel".**

Az ismételhetőség és az összehasonlíthatóság meghatározásának célja a mérési eredmények összeférhetőségének (pontosságának) megítélése, ami a terjedelem alapján történik.

A terjedelem a vizsgálat legnagyobb és legkisebb mérési eredményének (esetünkben két mérés eredményének, vagy két-két mérés átlagának) különbsége, abszolút értékben kifejezve.

Az "ismételhetőség" az a megengedett szórás vagy az a megengedett terjedelem, ami egy laboráns által - ugyanabból a betonkeverékből vett mintákon (jelen esetben két mintán), ugyanazzal az eszközzel, rövid időn belül - végzett ún. összeférhető vizsgálatok (jelen esetben két vizsgálat) szórását vagy terjedelmét tekintve, jelen esetben 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz 5 %-os gyakorisággal) léphet fel.

Az "összehasonlíthatóság" az a megengedett szórás vagy az a megengedett terjedelem, ami két laboráns által - ugyanabból a betonkeverékből vett mintákon (jelen esetben két mintán), két különböző eszközzel, rövid időn belül - végzett ún. összeférhető vizsgálatok (jelen esetben két vizsgálat) szórását vagy terjedelmét tekintve, jelen esetben 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz 5 %-os gyakorisággal) léphet fel.

Az ismételhetőség és az összehasonlíthatóság tehát feltételeink szerint az 5 %-os alsó küszöbértéknek megfelelő követelmények, azaz "minősítési értékek", amelyeket a mérési vagy több mérés eredményének átlagaként kapott vizsgálati eredményekből a matematikai statisztika módszereivel kiszámított értékek, mint tapasztalati "jellemző értékek" nem szabad, hogy meghaladjanak, ha a mérési vagy több mérés eredményének átlagaként kapott vizsgálati eredmények egymással összeférhetőek.

Az MSZ EN 12350-2:200 honosított európai szabvány két roskadás mérés (ez két olyan vizsgálat, amelyek mindegyike egy mérésből áll), (németül: Einzelbestimmung); vagy két roskadás vizsgálat (ez két olyan vizsgálat, amelyek mindegyike két mérésből áll), (németül: Doppelbestimmungen) összeférhetőségének feltételeit tárgyalja.

Más az ismételhetőség és az összehasonlíthatóság követelmény értéke, ha két mérésről (egy-egy mérésből álló két vizsgálatról) beszélünk (Einzelbestimmung), és más, ha két olyan vizsgálatról, amelyek eredményei két mérés eredményének számtani átlagából adódnak (Doppelbestimmungen).

Idézzük az MSZ EN 12350-2:2000 honosított európai szabvány 1. és 2. táblázatát:

1. táblázat. A roskadási mérték mérésének pontossági adatai (németül: Genauigkeitsdaten), ha mind a két vizsgálat egy mérésből áll (Einzelbestimmung)

Ismételhetőség feltételei, mm		Összehasonlíthatóság feltételei, mm	
Szórás, s_r	Terjedelem, r	Szórás, s_R	Terjedelem, R
5,8	16	9,0	25

2. táblázat. A roskadási mérték mérésének pontossági adatai (Genauigkeitsdaten), ha mind a két vizsgálat eredménye két mérés eredményének számtani átlagából áll (Doppelbestimmungen)

Ismételhetőség feltételei, mm		Összehasonlíthatóság feltételei, mm	
Szórás, s_r	Terjedelem, r	Szórás, s_R	Terjedelem, R
4,1	11	8,0	22

Megfigyelhetjük, hogy a táblázatokban a terjedelem és a szórás hányadosának értéke minden esetben: $(\omega) = r/s_r = R/s_R \sim 2{,}7\text{-}2{,}8$, pontos értéke: 2,771808. Ebből lehet tudni, hogy minden esetben két mérési eredmény, vagy két - esetünkben egyenként két mérésből álló - vizsgálat mérési eredményeinek átlagáról van szó (n=2), mert három adat esetén (n=3) a terjedelem és a szórás hányadosának értéke (omega) = 3,314493 lenne [13-16].

Értelmezésünk szerint ezek a roskadás mérésre vonatkozó táblázatok azt fejezik ki, hogy

- ha egy laboráns az ismételhetőség feltételei mellett két roskadás mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme kisebb, mint 16 mm;
- ha egy laboráns az ismételhetőség feltételei mellett két roskadás vizsgálatot végez, és mindegyik vizsgálat két mérésből áll, és mértékadó eredménye a két mérés számtani átlaga, akkor a két vizsgálat mértékadó eredménye (azaz két mérés átlaga) abban az esetben összeférhető, ha a két vizsgálat eredményének terjedelme kisebb, mint 11 mm;

- ha két laboráns (például a betont gyártó transzportbeton üzem laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) az összehasonlíthatóság feltételei mellett egy-egy roskadás mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme kisebb, mint 25 mm;
- ha két laboráns (például a betont gyártó transzportbeton üzem laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) az összehasonlíthatóság feltételei mellett egy-egy roskadás vizsgálatot végez, és mindegyik vizsgálat két mérésből áll, és mértékadó eredménye a két mérés számtani átlaga, akkor a két vizsgálat mértékadó eredménye (azaz két mérés átlaga) abban az esetben összeférhető, ha a két vizsgálat eredményének terjedelme kisebb, mint 22 mm.

Az MSZ EN 12350-5:200 honosított európai szabvány két terülés mérés (ez két olyan vizsgálat, amelyek mindegyike egy mérésből áll), (Einzelbestimmung) összeférhetőségének feltételeit tárgyalja.

Idézzük az MSZ EN 12350-5:2000 honosított európai szabvány 1. táblázatát:

1. táblázat. A terülési mérték mérésének pontossági adatai (Genauigkeitsdaten), ha mind a két vizsgálat egy mérésből áll (Einzelbestimmung)

Ismételhetőség feltételei, mm		Összehasonlíthatóság feltételei, mm	
Szórás, s_r	Terjedelem, r	Szórás, s_R	Terjedelem, R
24,6	69	32,5	91

A terjedelem és a szórás hányadosának értéke ebben a táblázatban is: $(\omega) = r/s_r = R/s_R \sim 2{,}8$, pontos értéke: 2,771808. Ebből lehet tudni, hogy minden esetben két mérési eredmény átlagáról van szó (n=2) [13-16].

Értelmezésünk szerint ez a terülés mérésre vonatkozó táblázat azt fejezi ki, hogy

- Ha egy laboráns az ismételhetőség feltételei mellett két terülés mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme kisebb, mint 69 mm;
- ha két laboráns (például a betont gyártó transzportbeton üzem laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) az összehasonlíthatóság feltételei mellett egy-egy terülés mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme kisebb, mint 91 mm.

Irodalom:

[13] Graf, U. - Henning, H.-J. - Stange, K.: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Springer-Verlag. Berlin / Heidelberg / New York, 1966.

[14] Harter, H. L.: Tables of range and studentized range. The Annals of Mathematical Statistics. Baltimore, USA. VOL. 31. 1960. No. 4. p. 1122-1147.

[15] Puskásné Hőgyes Irén - Kausay Tibor - Bodnár Géza: Útépítési adalékanyagok testsűrűségi tulajdonságai. SZIKKTI 64. sz. tudományos közleménye. Budapest, 1981.

[16] ISO 5725-1:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1: General principles and definitions

[17] MSZ EN 932-6:1999 Kőanyaghalmazok általános tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: Az ismétlési pontosság és az összehasonlítási pontosság fogalommeghatározásai

Érdekességképpen megemlítjük, hogy magyar nemzeti szabványokban is lehet találkozni a vizsgálati eredményeknek a fentiekkel megegyező, a terjedelem alapján történő, a matematikai statisztika elvei szerinti értékelésével.

Ilyen magyar építőanyag vizsgálati szabványok például:

MSZ 9611/14:1976 Aszfaltok mintavétele és vizsgálata. Ásványi anyagok sűrűségének meghatározása MSZ 18284/2:1979 Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. Sűrűségi jellemzők vizsgálata

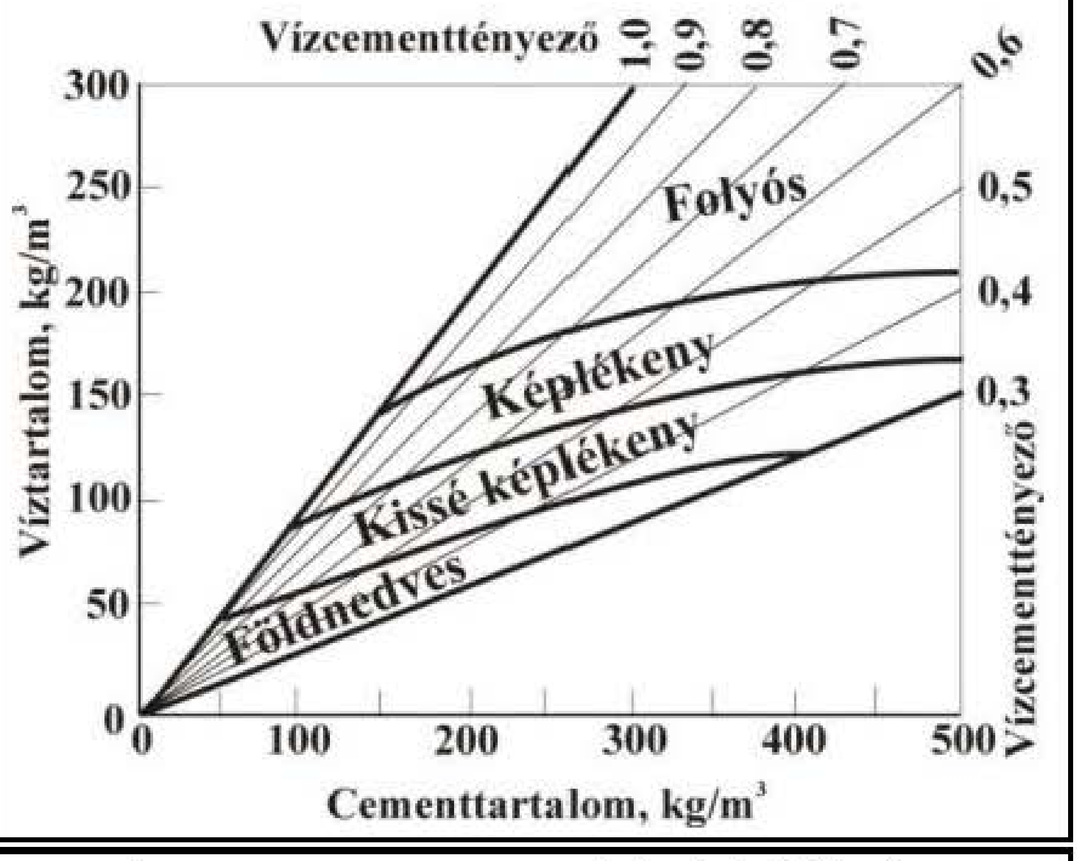
Budapest, 2001. november hó.

Tekintse meg a roskadás méréssel, a terülés méréssel, a VEBE-méteres méréssel, a konzisztencia fogalmával foglalkozó oldalainkat is.

Konzisztencia, beton konzisztencia

Németül:	**Konsistenz des Betons**
Angolul:	**Consistency of concrete**
Franciául:	**Consistance du béton**

A víz- és cementtartalom hatása a friss beton konzisztenciájára



A konzisztencia osztályok hagyományos magyar megnevezésének és jelének (MSZ 4719:1982) közelítő német megfelelője a DIN 1045:1988 és a DIN 1045-2:2001 szabvány szerint:

Folyós (F)	Fließfähig (Jel a DIN 1045:1988 szerint: KF)
Képlékeny (K)	Weich (Jel a DIN 1045:1988 szerint: KR, Regelkonsist.)
Kissé képlékeny	Plastisch (Jel a DIN 1045:1988 szerint: KP)
Földnedves (FN)	Steif (Jel a DIN 1045:1988 szerint: KS)

A beton konzisztencia fizikai, a folyadékok viszkozitásával rokon betontechnológiai fogalom, amely a friss beton mozgással szembeni ellenállását, belső súrlódását, alaktartását fejezi ki. A beton konzisztenciája elsősorban a friss beton keverhetőségét, szállíthatóságát bedolgozhatóságát, tömöríthetőségét, állékonyságát befolyásolja, de hatással van a beton cement- és vízigényére, kötési-szilárdulási folyamatára, zsugorodására, a megszilárdult beton szövetszerkezetére (struktúrájára) ❖, szilárdságára is. A friss beton konzisztenciáját a cement minősége, az adalékanyag anyagtani minősége és szemszerkezete, a keverék összetétele, mint például a víz-, cement-, adalékanyag- finomrész-tartalom befolyásolja. A víz- és cementtartalom hatását az ábra szemlélteti.

A konzisztencia javítására célszerűen nem a vízadagolást kell növelni, ami a szilárdságra káros, hanem képlékenyítő vagy folyósító adalékszert kell alkalmazni.

A ma már visszavont **MSZ 4719:1982** „Betonok" című magyar szabvány a földnedves (FN), kissé képlékeny (KK), képlékeny (K), folyós (F) megnevezésű (jelű) konzisztencia osztályokat ismerte. Az MSZ 4719:1982 szabvány vizsgálati módszerként az MSZ 4714-3:1986 „A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A konzisztencia meghatározása" című szabvány eljárásait jelölte meg, amely utóbbi függelékében az FN, KK, K, F jelű konzisztencia osztályok mérőszámainak határértékei is megtalálhatók. Az alig földnedves (AFN) és az önthető (Ö) konzisztencia osztályt az 1978-ig érvényben volt MSZ 4714:1955 vizsgálati szabvány és az 1977-ig érvényben volt MSZ 4719:1958 termék szabvány tartalmazta, de azok egyes nemzeti (például ÖNORM B 4200-10:1983) és nemzetközi (például ISO 4103:1979) szabványokban ma is szerepelnek.

Az MSZ 4714-3:1986 szabványban szereplő vizsgálati módszerekkel a roskadás, a terülés, a VEBE-méteres átformálási idő, az átformálási ütésszám, a Glanville-féle tömörödés, a Humm-féle behatolás határozható meg. A Humm-féle behatolási mélység mérő szonda elődjének a Graf-féle, máshol Graf-Humm-féle néven említett ejtősúlyos, behatolás mérő készülék (németül: Gerät für den Eindringversuch nach Graf) tekinthető, amelynek leírása az MSZ 4714:1955 szabványban

szerepelt. Az MSZ 4714:1955 szabvány még a végtelenül egyszerű, és a gyakorló betontechnológusok körében ma is népszerű „kőműveskanál próbát" is tárgyalta.

Az **MSZ EN 206-1:2002** „Beton. 1. rész: Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség" című európai szabvány a konzisztencia osztályokat betű és szám kombinációval jelöli, ahol a betű a vizsgálati módszerre, a szám a konzisztencia jellegére utal. A konzisztencia osztályokat az MSZ EN 12350-2:2000 szabvány szerinti roskadás, az MSZ EN 12350-5:2000 szabvány szerinti terülés, az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerinti VEBE-méteres átformálási idő, az MSZ EN 12350-4:2000 szabvány szerinti (Walz-féle) tömörítés vizsgálatok mérőszámai határolják be.

Az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány különleges esetekben megengedi, hogy a konzisztencia előírása ne a konzisztencia osztállyal, hanem tervezett értékkel történjék, és mind a négy vizsgálati módszerre megadja a konzisztencia jellemző tervezett értékének tűréseit.

Az európai vizsgálati szabványok a konzisztencia mérő eszközök méretét tűréssel adják meg, míg az MSZ 4714-3:1986 szabvány csak elvétve.

Az MSZ 4714-3:1986 magyar szabvány szerinti és az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány szerinti konzisztencia osztályok lényegében és közelítőleg a következő táblázat szerint felelnek meg egymásnak:

Konzisztencia osztályok az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint	Konzisztencia osztályok az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány szerint			
	Roskadási osztály	Terülési osztály	VEBE osztály	Tömörítési osztály
(Alig földnedves)				C0
Földnedves (FN)	S1	F1	V0	C1
			V1	
Kissé képlékeny (KK)		F2	V2	
			V3	C2
Képlékeny (K)	S2	F3	V4	
Folyós (F)	S3	F4	Megjegyzés: Az MSZ EN 206-1 szerinti konzisztencia osztályok nem feleltethetők meg egymásnak!	C3
	S4	F5		
	S5	F6		
(Önthető)				C4

A friss beton alkalmazandó konzisztenciáját a szerkezet jellege, méretei és a betonozás körülményei szabják meg:

Alig földnedves betonnal nagytömegű, vasalatlan vagy gyengén vasalt szerkezetek, például hídpillérek, gátak, támfalak, útbetonok készítése esetén lehet dolgozni. Előnye a kis cement tartalom, kis hőfejlesztés, kis zsugorodási hajlam. Az ilyen beton nem szivattyúzható, a szállítóeszközből sokszor nehezen üríthető, tömörítéséhez nagyon erős vibrátor szükséges. Nem alkalmazható látszóbeton készítéséhez.

A földnedves beton vasalatlan és ritkán vasalt szerkezetek készítéséhez használható. Tömörítéséhez vibrátort kell használni (ezt a betont német nyelvterületen „Rüttelbeton"-nak azaz vibrált betonnak is nevezik). Nem alkalmazható látszóbeton készítéséhez.

Kissé képlékeny betonból minden vasalatlan és vasalt szerkezet elkészíthető, ha a vasalás nem különösen sűrű. Tömörítéséhez vibrátort kell használni. Szivattyúzható. Látszóbeton készítésére is alkalmas.

A képlékeny betont sűrűn vasalt szerkezetek készítéséhez lehet használni. Gyenge vibrálással is tömöríthető. Felhasználásával nagy kiterjedésű szerkezetek, mechanikai igénybevételeknek kitett

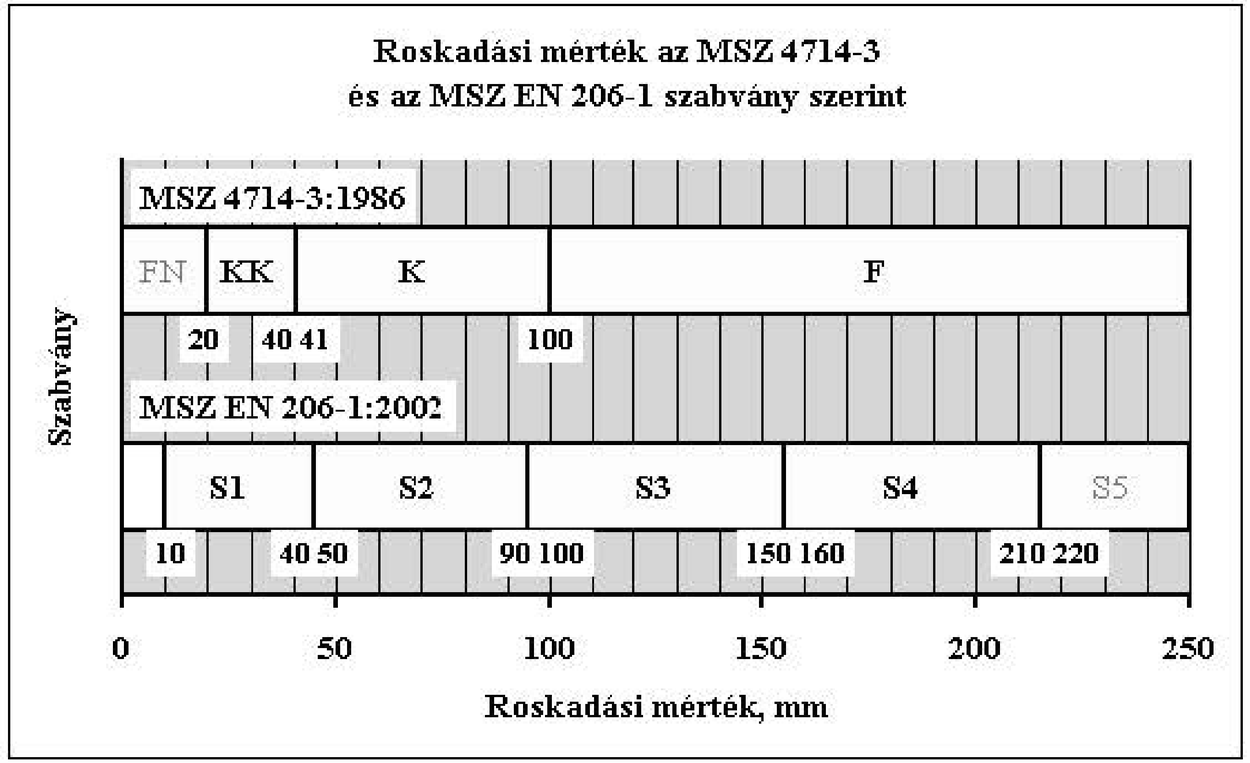
betonok, látszóbetonok is készíthetők. Előnye a szivattyúzhatóság, könnyű bedolgozhatóság. Hátránya a nagy cementigény, a szétosztályozódási, zsugorodási, kivérzési hajlam.

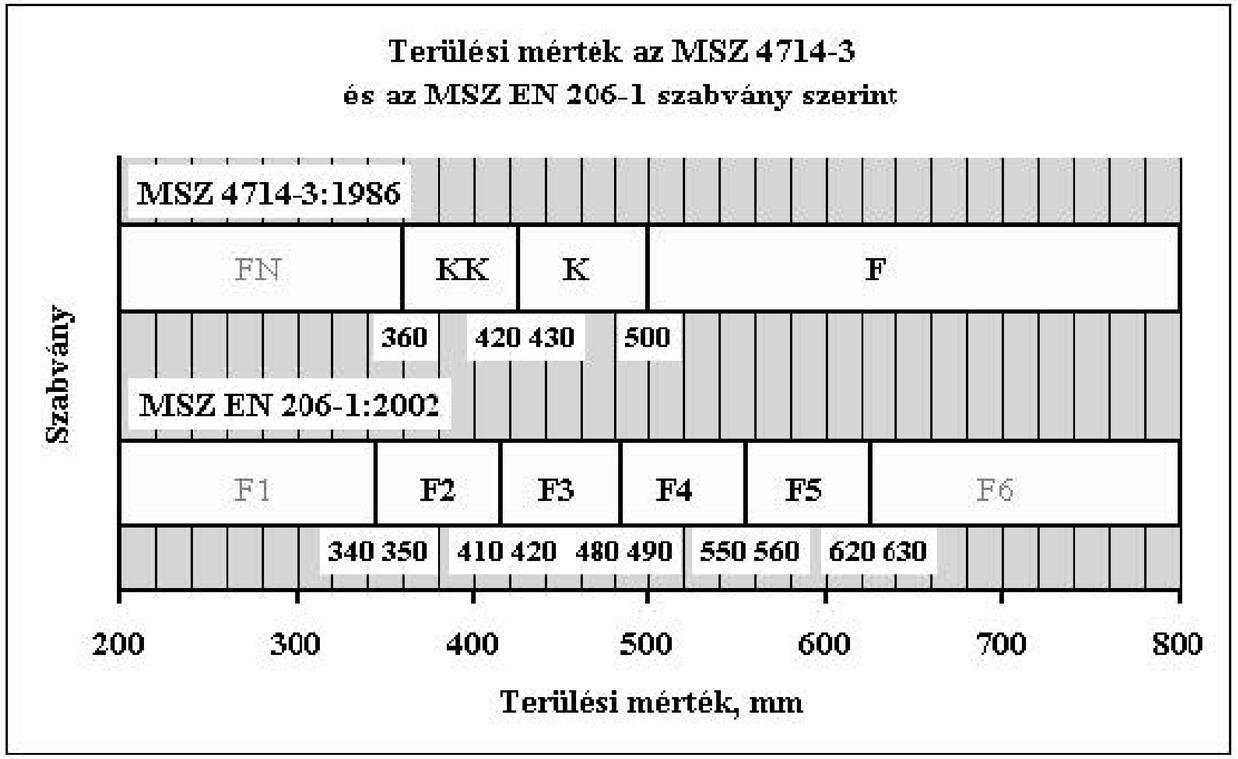
Folyós betonból igen sűrűn vasalt, karcsú, nehezen hozzáférhető szerkezetek is készíthetők. A víz alatti betonozás anyaga. Tömöríteni alig, vagy nem szükséges. Előnye, hogy könnyen szivattyúzható, nehéz körülmények között is gyorsan beépíthető. Hátránya, hogy a folyós beton összetételét igen gondosan kell megtervezni és betartani. Zsugorodása jelentős.

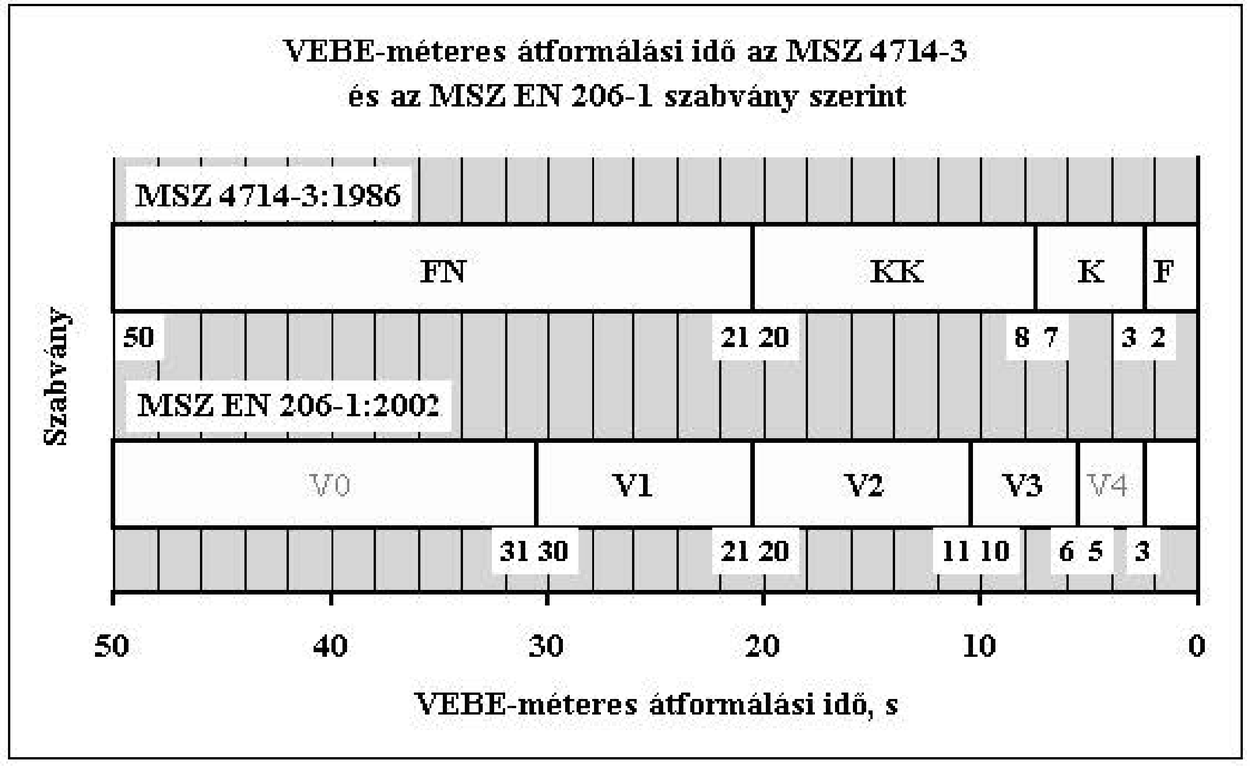
Önthető betonból nagy kiterjedésű szerkezetek gyorsan, könnyen építhetők. Konzisztenciája annyira híg, hogy öntőváályúban is eljuttatható a szerkezet minden részébe. Az önthető beton finom rész tartalma nagy, zsugorodása igen jelentős. Különleges fajtája az önterülő (angolul: SLC Self leveling concrete) és az öntömörödő (angolul: SCC Self compacting concrete, németül: SVB Selbstverdichtender Beton) beton , amely az önterülő képességet nem a nagy vízadagolásának, hanem a különleges összetételnek köszönheti, miáltal mentes az önthető beton egyébként hátrányos tulajdonságaitól.

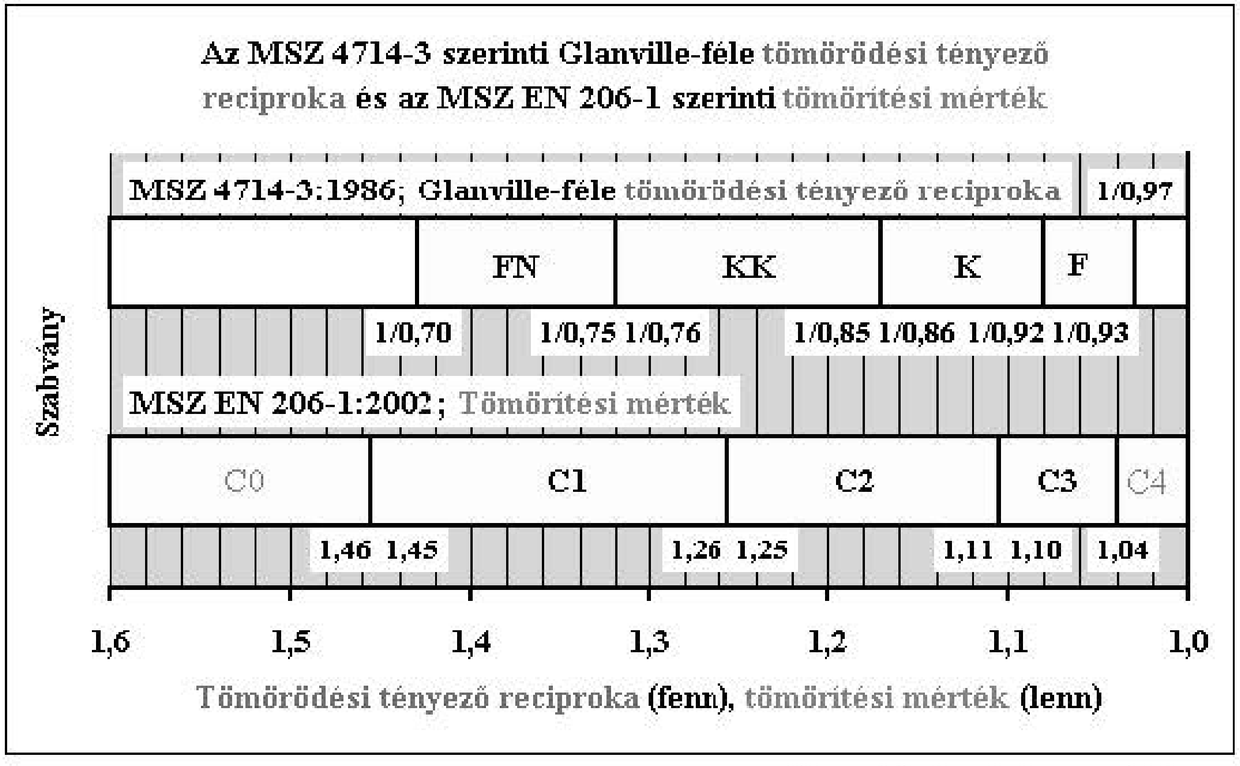
Jelmagyarázat: ❖ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

Megjelent a	BETON szakmai havilap	2003. március havi számának 12-13. oldalán









Szerző: *Dr. Kausay Tibor*

A friss beton konzisztenciájának mérése a roskadási mérték meghatározásával

MSZ 4714-3:1986	MSZ EN 12350-2:2000
A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. **A konzisztencia meghatározása** **2. fejezet: A roskadás meghatározása**	**A friss beton vizsgálata.** **2. rész: Roskadás vizsgálat** [Roskadási mérték németül: Setzmaß]
Vizsgálati feltételek	
A roskadás mérés módszere 20 mm-nél kisebb roskadási mérték (FN Földnedves konzisztencia) esetén nem ad megbízható eredményt. A roskadásmérő kúp mérete az adalékanyag legnagyobb szemnagyságától függően kétféle. A nagyobb kúppal meghatározott vizsgálati eredményt a kisebb kúpra vonatkoztatva át kell számítani. Ha a kúpforma leemelése során a beton szétgurul, elbillen vagy elcsúszik, akkor a vizsgálatból vizsgálati eredményt számítani nem szabad.	Ha a roskadási mérték 10 mm-nél kisebb, vagy 200 mm-nél nagyobb, akkor a mérési eredmény megbízhatatlan, és más eljárást kell alkalmazni a konzisztencia mérésére. (Az MSZ EN 206-1:2002 szabvány felső határként nem a 200 mm-es, hanem a 220 mm-es roskadási mértéket jelöli meg, amelynél nagyobb roskadás az S5 roskadási osztályba tartozik.) Ha a friss beton a kúp forma leemelését követő egy percen belül tovább roskad, akkor a vizsgálati eredményt nem szabad elfogadni. A vizsgálat akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 40 mm.
Vizsgálóeszközök	
Roskadásmérő kúp (csonkakúp) Anyaga sima felületű acéllemez, amelynek falvastagsága legalább 1,6 mm. Belső méretei, ha a $d_{max} \leq 32$ mm: Alsó átmérő: Φ 200 mm	**Csonkakúp forma** [Hohlkegelstumpf] Anyaga sima felületű, cementpéppel nem reagáló fém, amelynek falvastagsága legalább 1,5 mm. Belső méretei a következők:

Felső átmérő: Φ 100 mm Magasság: 300 mm A kúp felső síkján Φ 250 mm átmérőjű tányér található. Ha 32 mm < d_{max} ≤ 63 mm, akkor a kúp minden mérete a fentieknek 1,5-szerese.	Alsó átmérő: Φ (200±2) mm Felső átmérő: Φ (100±2) mm Magasság: (300±2) mm A csonkakúp formát az alátétlaphoz lehet rögzíteni, de csak akkor, ha a rögzítés a forma elmozdulása nélkül oldható.
Acélrúd Legömbölyített végű, 600 mm hosszú, Φ 16 mm átmérőjű acélrúd a roskadásmérő kúpba töltött friss beton tömörítésére.	**Tömörítőrúd** [Stampfer] Legömbölyített végű, (600±5) mm hosszú, Φ (16±1) mm átmérőjű acélrúd.
Alátétlap Merev fémből készült, sima, sík alátétlap.	**Alátétlap** [Bodenplatte] A cementpéppel nem reagáló, merev, sík lemez, amelyre a csokakúp forma kerül.
Mérőpálca A mérőpálca mm beosztású, a roskadás mértékének lemérésére szolgál.	**Mérőpálca** [Meßlatte] Skálája 300 mm hosszú, a skálán 5 mm-enként van beosztás, a skála nullértéke a mérőpálca végére esik.
Töltőlapát Töltőlapát a kúp megtöltésére.	**Kanál** [Löffel] Kanál, amelynek szélessége mintegy 100 mm.
Kőműveskanál Kőműveskanál a betömörített beton felületének lehúzására.	**Tölcsér peremmel** [Trichter mit Flansch] Anyaga a cementpéppel nem reagáló fém. A peremmel ráilleszthető a csonkakúp formára.
Acélvonalzó Acélvonalzó a csonkakúp forma	**Keverő edény** [Mischbehälter] Cementpéppel nem reagáló, lapos

magasságának kivetítésére.	edény, amelyben a betont át lehet keverni.
	Derékszögű lapát [Rechteckig geöffnete Schaufel] Lapát, a beton megkeverésére a keverő edényben. A derékszögű alakra azért van szükség, hogy a betont a keverő edényben rendesen át lehessen keverni.
	Stopperóra [Stoppuhr] Stopperóra vagy egy 1 s mérési pontosságú óra.
Vizsgálati minta	
A mintavételt az MSZ 4714-2:1986 szabvány szerint kell végezni, és adatait jegyzőkönyvben kell rögzíteni. A vizsgálati minta átlagminta, amelyet közvetlenül a keverés befejezése után, a bedolgozatlan friss betonkeverékből közel azonos időpontban vett, legalább három egyedi minta összekeverésével kell előállítani. Az átlagmintát a vizsgálat előtt kézi keveréssel homogenizálni kell. A friss beton konzisztenciáját azonnal a mintavétel után meg kell vizsgálni.	A mintavételt az EN 12350-1:1999 szabvány szerint kell végezni. A mintát a keverő edényben a derékszögű lapáttal át kell keverni.
Vizsgálati eljárás	
A vizsgálóeszközöket vizes ruhával meg kell nedvesíteni, a kúpot az alátétlapra kell helyezni, a kúp leszorító füleire rá kell állni. A kúpot **négy egyenlő rétegben** kell a betonkeverékkel megtölteni. Minden egyes réteget az acélrúd legömbölyített végével	A formát és az alátétlapot be kell nedvesíteni. A kúpot az alátétlapra kell helyezni, és a kúp leszorító füleire rá kell állni. A kúpot **három egyenlő rétegben** kell a betonkeverékkel megtölteni. Minden egyes réteget a tömörítőrúd legömbölyített végével 25 szúrással

25 szúrással kell tömöríteni. A szúrásokat a beton felületén egyenletesen kell elosztani. Az acélrúdnak minden réteg tömörítésénél le kell hatolnia a kúp aljáig. A legfelső réteg tömörítése után a felületet a kőműveskanállal le kell húzni, és a lehúzott betont a kúp tányérján kell elhelyezni. A bedolgozás után egy perccel a fülekről lelépve, a csonkakúp formát óvatosan, függőlegesen le kell emelni a betonról, és az összeroskadt beton mellé kell állítani. Le kell mérni a kúpformán vízszintesen átfektetett acélvonalzó és az összeroskadt beton legfelső pontja közötti távolságot a mérőrúddal, 1 mm pontossággal.	kell tömöríteni. A szúrásokat a beton felületén egyenletesen kell elosztani. Az alsó réteg esetén minden második szúrás enyhén ferdén tartott tömörítőrúddal a középpont felé kell irányuljon. A tömörítőrúdnak minden réteg tömörítésénél le kell hatolnia a kúp aljáig. A legfelső réteg tömörítése után a felületet a tömörítőruddal le kell húzni, és az alátétlapot a lehullott betontól meg kell tisztítani. A fülekről lelépve, a kúpformát 5-10 s alatt, függőlegesen le kell emelni a betonról. A roskadás akkor szabályos, ha nem féloldalas, és ha a beton nem esik össze. A forma megtöltésének kezdetétől a forma lehúzásáig 150 s telhet el. A kúpformát az összeroskadt beton mellé kell állítani, és le kell mérni a kúpforma és az összeroskadt beton legfelső pontja közötti távolságot, 10 mm pontossággal.
Vizsgálati eredmény	
A roskadást a kúpformán vízszintesen átfektetett acélvonalzó és az összeroskadt beton legfelső pontja közötti távolság fejezi ki, amit mérőrúddal, 1 mm pontossággal kell megmérni.	A roskadást a kúpforma teteje és az összeroskadt beton legfelső pontja közötti távolság fejezi ki, amit 10 mm pontossággal kell megmérni és megadni.
Ismétlések száma	
A vizsgálati eljárást ugyanabból a betonkeverékből vett újabb átlagmintával egyszer meg kell ismételni (két roskadás mérést kell végezni). Újabb átlagmintákkal további három ismétlésre van szükség akkor, ha az első két roskadás mérés vizsgálati eredményének eltérése több, mint az átlagérték 10 %-a.	A vizsgálatot meg kell ismételni, ha a betonkúp deformálódik, szimmetriáját elveszti. Ez arra utal, hogy a beton nem rendelkezik a roskadás vizsgálathoz szükséges képlékenységgel és kohézióval. A beton konzisztenciáját a cement hidratációja és a nedvesség vesztés időben befolyásolja, ezért az

	ismétléseket adott időn belül el kell végezni.
Mértékadó vizsgálati eredmény	
Mértékadó vizsgálati eredmény a két roskadás mérés vizsgálati eredményének számtani átlaga, ha a két vizsgálati eredmény különbsége legfeljebb az átlagérték 10 %-a. Ha a különbség ennél nagyobb, akkor újabb átlagmintákkal háromszor meg kell a mérést ismételni, és ebben az esetben a mértékadó vizsgálati eredmény az utóbbi három mérés vizsgálati eredményének számtani átlaga. A mértékadó vizsgálati eredmény a beton konzisztenciájának mérőszáma, amit roskadás mérés esetén roskadási mértéknek nevezünk. A roskadási mértéket mm-ben kell megadni. Ha a 32 mm < d_{max} ≤ 63 mm miatt a nagyobb méretű kúppal dolgozunk, akkor a vizsgálati eredményt 2/3-dal meg kell szorozni, és e szorzat adja a mértékadó vizsgálati eredményt.	A mértékadó vizsgálati eredmény vagy egy mérés eredménye, vagy két mérés eredményének számtani átlaga.
Vizsgálat gyakorisága	**Ismételhetőség, összehasonlíthatóság**
A magyar előírások szerint a vizsgálatot tételenként legalább egyszer el kell elvégezni. Egy tételbe legfeljebb az egy hét alatt folyamatosan készített, azonos minőségűre tervezett, azonos alapanyagokból, azonos összetétellel, egyazon keverő-berendezéssel, azonos módon előállított betonkeverékek sorolhatók, amelyek összes térfogata építéshelyi betonkeverés esetén legfeljebb 200 m^3, előregyártó vagy transzportbeton üzemi betonkeverés esetén legfeljebb 1000 m^3.	A honosított európai szabvány megadja az **ismételhetőség** [Wiederholbarkeit] és az **összehasonlíthatóság** [Vergleichbarkeit] feltételeinek számértékeit arra az esetre, ha a roskadási mérték 50 - 80 mm közé esik (S2 konzisztencia osztály), az eredményeik összeférhetősége szempontjából megítélendő két vizsgálat mindegyike vagy egy mérésből, vagy két mérésből áll, és a statisztikai biztonság értéke 0,95. Ennek célja a mérési eredmények

(MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 6.3.4.2. fejezet.)	összeférhetőségének (pontosságának) megítélése, ami a terjedelem alapján történik. A terjedelem a vizsgálat legnagyobb és legkisebb mérési eredményének (esetünkben két mérés eredményének, vagy két-két mérés átlagának) különbsége, abszolút értékben kifejezve. Az ismételhetőség és összehasonlíthatóság fogalmát, amely több európai szabványban is előfordul, a következőkben külön is értelmezzük. Megemlítjük, hogy az "ismételhetőségi feltétel" szinonimája az "**ismétlési feltétel**", az összehasonlíthatósági feltétel" szinonimája az "**összehasonlítási feltétel**".

Konzisztencia osztályok

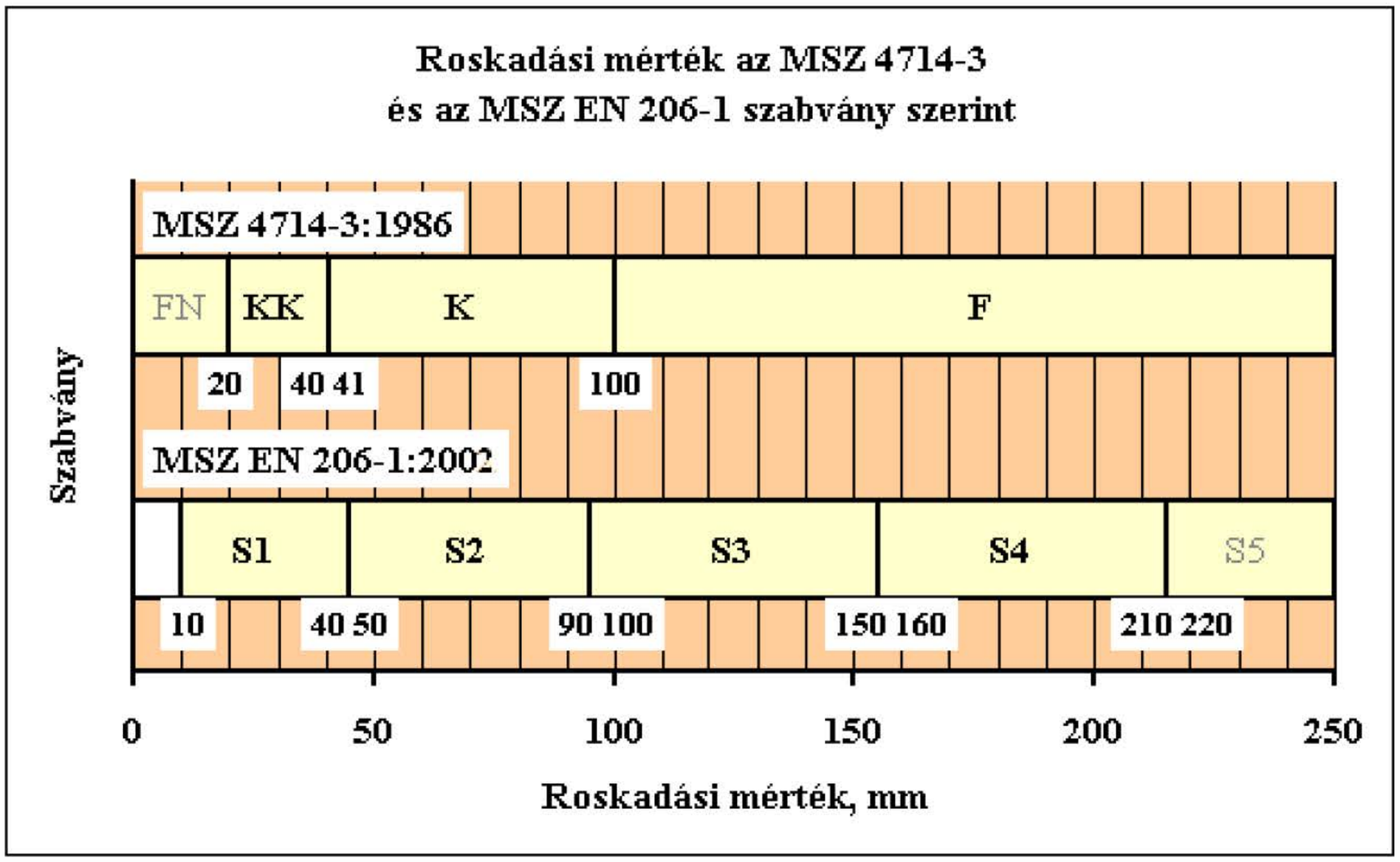
az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint		az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint	
Konzisztencia osztály	Roskadási mérték, mm	Konzisztencia osztály	Roskadási mérték, mm
FN Földnedves*	< 20	S1	10 - 40
KK Kissé képlékeny	20 - 40	S2	50 - 90
K Képlékeny	41 - 100	S3	100 - 150
Folyós	100 <	S4	160 - 210
		S5*	220 ≤
		Az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány 5.4.1. fejezete különleges esetekben megengedi a konzisztencia osztályoktól való eltérést, és megadja a roskadási mérték tervezett	

		értékeinek tűréseit.
Megjegyzés: A *-gal jelölt osztályokban a vizsgálati módszerek kevéssé érzékenyek.		

Roskadási mérték

Németül:	Setzmaß (nach Abrams)
Angolul:	Slump test
Franciául:	Essais d'affaissement

1. ábra. A roskadás mérő (Abrams-féle) csonka-kúp



2. ábra. Az egykori (hagyományos) magyar és az európai roskadási osztályok közelítő összevetése

A roskadási mérték a régóta és legelterjedtebben használatos konzisztencia ❖ jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgál a beton MSZ 4719:1982 és MSZ EN 206-1:2002 szabványok szerinti konzisztencia osztályainak meghatározásához. A roskadási mérték vizsgálatát a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint, és az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához az MSZ EN 12350-2:2000 európai szabvány szerint kell végezni.

A roskadási osztály betűjele az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint „S". Az egykori (hagyományos) magyar és az európai roskadási osztályokat az 2. ábrán vetjük össze.

A roskadás mérés eszköze mind a nemzeti, mind az európai vizsgálati módszer esetén a roskadás mérő csonka-kúp forma (1. ábra), amelynek mérete Φ200/Φ100*300 mm, térfogata 5498 cm^3. (A terülés ❖ mérő csonka-kúp ennél alacsonyabb és kisebb térfogatú.) A szabványos roskadás mérő csonka-kúp formát Abrams-féle kúpnak is nevezik, és más konzisztencia vizsgálati módszerekhez, például a hazánkban szabványos ejtőkengyeles ütésszám, és a hazánkban és Európában is szabványos VEBE-méteres átformálás ❖ méréséhez is alkalmazzák.

A roskadás mérés MSZ 4714-3:1986 és MSZ EN 12350-2:2000 szabvány szerinti módszerei között van bizonyos eltérés.

A két szabvány eltérően ítéli meg vizsgálat alkalmazhatóságát. Az MSZ 4714-3:1986 szabvány az FN földnedves, az MSZ EN 12350-2:2000 és az MSZ EN 206-1:2002 szabvány az S5 konzisztencia osztályú beton esetén tartja a módszert pontatlannak, de az S5 osztály alsó határértékeként kissé eltérő számokat adnak meg. Az MSZ EN 12350-2:2000 szabvány szerint a módszer akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 40 mm.

Az MSZ EN 12350-2:2000 szabványban csak a fenti méretű csonka-kúp szerepel, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a 32 mm < dmax ≤ 63 mm esetre másfélszeres méretű kúp használatát írja elő.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a csonka-kúpot négy rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen 4*25=100 szúrással kell tömöríteni, MSZ EN 12350-2:2000 szabvány szerint a csonka-kúpot három rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen 3*25=75 szúrással kell tömöríteni.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a roskadást 1 mm pontossággal, az MSZ EN 12350-2:2000 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adja, míg az MSZ EN 12350-2:2000 szabvány egy mérés eredményét is elfogadhatja, de hibás mérés esetére legfeljebb egy ismétlést ír elő.

Az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételeket ◆ az MSZ EN 12350-2:2000 szabvány egyes mérések és két mérésből álló vizsgálatok esetére tárgyalja, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismeri.

Az ASTM C 995:1991 „Standard test method for time of flow of fiber-reinforced concrete through inverted slump cone" című szabvány érdekes módon a $d_{max} \leq 40$ mm legnagyobb szemnagyságú, nem folyós, *szálerősítésű betonok* (németül: Faserbeton) konzisztenciájának méréséhez alátámasztott, kisebb nyílásával lefelé fordított, szabványos Abrams-féle kúpot alkalmaz. Az USA szabvány a szálerősítésű betonok konzisztenciáját a beton, a tölcsérszerűen elhelyezett Abrams-kúpból, vibrálás hatására való kifolyásának idejével jellemzi. Ez azért indokolt eljárás, mert a hagyományos konzisztencia mérési módszerek a szálerősítésű betonok konzisztencia mérésére nem igen alkalmasak.

Felhasznált irodalom:

MSZ 4719:1982 Betonok
MSZ 4714-3:1986 A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A konzisztencia meghatározása
MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798:2004 Beton. Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 12350-2:2000 A friss beton vizsgálata. Roskadásvizsgálat
Palotás L. - Balázs Gy.: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 3. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980.

Jelmagyarázat: ◆ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

Megjelent a	BETON szakmai havilap	2003. április havi számának 10-11. oldalán

Az MSZ EN 12350-2:200 honosított európai szabvány szerinti

“ismételhetőség” és “összehasonlíthatóság” értelmezése

Az **“ismételhetőség”** az a megengedett szórás vagy az a megengedett terjedelem, ami egy laboráns által - ugyanabból a betonkeverékből vett mintákon (jelen esetben két mintán), ugyanazzal az eszközzel, rövid időn belül - végzett ún. összeférhető vizsgálatok (jelen esetben két vizsgálat) szórását vagy terjedelmét tekintve, jelen esetben 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz 5 %-os gyakorisággal) léphet fel.

Az **“összehasonlíthatóság”** az a megengedett szórás vagy az a megengedett terjedelem, ami két laboráns által - ugyanabból a betonkeverékből vett mintákon (jelen esetben két mintán), két különböző eszközzel, rövid időn belül - végzett ún. összeférhető vizsgálatok (jelen esetben két vizsgálat) szórását vagy terjedelmét tekintve, jelen esetben 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz 5 %-os gyakorisággal) léphet fel.

Az ismételhetőség és az összehasonlíthatóság tehát feltételeink szerint az 5 %-os alsó küszöbértéknek megfelelő követelmények, azaz “minősítési értékek”, amelyeket a mérési vagy több mérés eredményének átlagaként kapott vizsgálati eredményekből a matematikai statisztika módszereivel kiszámított értékek, mint tapasztalati “jellemző értékek” nem szabad, hogy meghaladjanak, ha a mérési vagy több mérés eredményének átlagaként kapott vizsgálati eredmények egymással összeférhetőek.

Az MSZ EN 12350-2:200 honosított európai szabvány két mérés (ez két olyan vizsgálat, amelyek mindegyike egy mérésből áll) [Einzelbestimmung] vagy két vizsgálat (ez két olyan vizsgálat, amelyek mindegyike két mérésből áll) [Doppelbestimmungen] összeférhetőségének feltételeit tárgyalja.

Más az ismételhetőség és az összehasonlíthatóság követelmény értéke, ha két mérésről (egy-egy mérésből álló két vizsgálatról) beszélünk [Einzelbestimmung], és más, ha két olyan vizsgálatról, amelyek eredményei két mérés eredményének számtani átlagából adódnak [Doppelbestimmungen].

Idézzük az MSZ EN 12350-2:2000 honosított európai szabvány 1. és 2. táblázatát:

1. táblázat. A roskadási mérték mérésének pontossági adatai [Genauigkeitsdaten], ha mind a két vizsgálat egy mérésből áll [Einzelbestimmung]

Ismételhetőség feltételei, mm		Összehasonlíthatóság feltételei, mm	
Szórás, s_r	Terjedelem, r	Szórás, s_R	Terjedelem, R
5,8	16	9,0	25

2. táblázat. A roskadási mérték mérésének pontossági adatai [Genauigkeitsdaten], ha mind a két vizsgálat eredménye két mérés eredményének számtani átlagából áll [Doppelbestimmungen]

	Ismételhetőség feltételei, mm		Összehasonlíthatóság feltételei, mm	
	Szórás, s_r	Terjedelem, r	Szórás, s_R	Terjedelem, R
	4,1	11	8,0	22

Figyeljük meg, hogy a táblázatokban a terjedelem és a szórás hányadosának értéke minden esetben: $\omega = r/s_r = R/s_R \sim 2{,}7\text{-}2{,}8$, pontos értéke: 2,771808. Ebből lehet tudni, hogy minden esetben két mérési eredmény, vagy két - esetünkben egyenként két mérésből álló - vizsgálat mérési eredményeinek átlagáról van szó (n = 2), mert három adat esetén (n=3) a terjedelem és a szórás hányadosának értéke ω = 3,314493 lenne.

Értelmezésünk szerint ezek a táblázatok azt fejezik ki, hogy

- ha egy laboráns az ismételhetőség feltételei mellett két roskadás mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme kisebb, mint 16 mm;
- ha egy laboráns az ismételhetőség feltételei mellett két roskadás vizsgálatot végez, és mindegyik vizsgálat két mérésből áll, és mértékadó eredménye a két mérés számtani átlaga, akkor a két vizsgálat mértékadó eredménye (azaz két mérés átlaga) abban az esetben összeférhető, ha a két vizsgálat eredményének terjedelme kisebb, mint 11 mm;
- ha két laboráns (például a betont gyártó transzportbeton üzem laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) az összehasonlíthatóság feltételei mellett egy-egy roskadás mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme kisebb, mint 25 mm;
- ha két laboráns (például a betont gyártó transzportbeton üzem laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) az összehasonlíthatóság feltételei mellett egy-egy roskadás vizsgálatot végez, és mindegyik vizsgálat két mérésből áll, és mértékadó eredménye a két mérés számtani átlaga, akkor a két vizsgálat mértékadó eredménye (azaz két mérés átlaga) abban az esetben összeférhető, ha a két vizsgálat eredményének terjedelme kisebb, mint 22 mm.

Irodalom:

Graf, U. - Henning, H.-J. - Stange, K.: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Springer-Verlag. Berlin / Heidelberg / New York, 1966.

Harter, H. L.: Tables of range and studentized range. The Annals of Mathematical Statistics. Baltimore, USA. VOL. 31. 1960. No. 4. p. 1122-1147.

Puskásné Hőgyes Irén - Kausay Tibor - Bodnár Géza: Útépítési adalékanyagok testsűrűségi tulajdonságai. SZIKKTI 64. sz. tudományos közleménye. Budapest, 1981.

ISO 5725-1:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1: General principles and definitions

MSZ EN 932-6:1999 Kőanyaghalmazok általános tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: Az ismétlési pontosság és az összehasonlítási pontosság fogalommeghatározásai

Érdekességképpen megemlítjük, hogy magyar nemzeti szabványokban is lehet találkozni a vizsgálati eredményeknek a fentiekkel megegyező, a terjedelem alapján történő, a matematikai statisztika elvei szerinti értékelésével.

Ilyen magyar építőanyag vizsgálati szabványok például:

MSZ 9611/14:1976 Aszfaltok mintavétele és vizsgálata. Ásványi anyagok sűrűségének meghatározása

MSZ 18284/2:1979 Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. Sűrűségi jellemzők vizsgálata

A friss beton konzisztenciájának mérése a terülési mérték meghatározásával

MSZ 4714-3:1986	MSZ EN 12350-5:2000
A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. **A konzisztencia meghatározása** **6. fejezet: A terülés meghatározása ejtőasztalon**	**A friss beton vizsgálata.** **5. rész: Terülésmérés ejtőasztalon** [Terülési mérték, németül: Ausbreitmaß]
Vizsgálati feltételek	
A terülés mérés módszere FN földnedves konzisztenciájú betonkeverék esetén nem alkalmazható.	A vizsgálati módszer a habbeton és az egyszemcsés beton konzisztenciájának meghatározására nem alkalmas. Ha a terülési mérték 340 mm-nél kisebb, vagy 600 mm-nél nagyobb, akkor a mérési eredmény megbízhatatlan, és más eljárást kell alkalmazni a konzisztencia mérésére. (Az MSZ EN 206-1:2002 szabvány felső határként nem a 600 mm-es, hanem a 630 mm-es terülési mértéket jelöli meg, amelynél nagyobb terülés az F6 terülési osztályba tartozik.) A vizsgálat akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm.

Vizsgálóeszközök	
Ejtőasztal Az ejtőasztal 70*70 cm lapméretű, 2 mm vastag acéllemezzel burkolt, 16 kg tömegű mozgó lap, amely csuklópántokkal kapcsolódik az alsó kerethez. A csuklópántokkal ellentétes oldalon az ejtőasztal lapja 4 cm magasan megemelhető. Az ejtőasztal lap közepét bekarcolt 210 mm átmérőjű kör, és keresztjelek jelölik meg.	**Ejtőasztal** [Ausbreittisch] Az ejtőasztal részei a (700±2)*(700±2) mm méretű, sík felületű, alaktartó, mozgó lap, és a merev keret, amelyre a mozgó lap csuklópántokkal [Schamier] van felerősítve, és amelyre adott magasságból leejthető. A mozgó lapot legalább 2 mm vastagságú, a cementpép korróziós hatásának ellenálló fémlemezzel kell burkolni. A mozgó rész tömege (16±0,5) kg, aminek ellenőrzését a bontható rögzítő pánt lehetővé tesz. A mozgó lap közepét bekarcolt (210±1) mm átmérőjű kör, és keresztjelek jelölik meg. A mozgó lap elöl lévő két sarkát saruval [Aufschlagklotz] kell ellátni. Az alsó merev keretet úgy kell megszerkeszteni, hogy az ejtőasztal mozgó lapja a szabad esés után lehetőleg ne pattanjon vissza. A mozgó lap (40±1) mm-es emelési magasságát ütközőkkel kell beállítani.
Csonkakúp forma Anyaga sima felületű fém. Belső méretei a következők: Alsó átmérő: Φ (200±1) mm Felső átmérő: Φ (130±1) mm Magasság: (200±1) mm A csonkakúp forma alján leszorítóvas található.	**Csonkakúp forma** Anyaga sima felületű, cementpéppel nem reagáló fém, amelynek falvastagsága legalább 1,5 mm. Belső méretei a következők: Alsó átmérő: Φ (200±2) mm Felső átmérő: Φ (130±2) mm Magasság: (200±2) mm A csonkakúp formát az ejtőasztalhoz lehet rögzíteni, és a rögzítés a forma

	elmozdulása nélkül kell, hogy oldható legyen. A könnyű rögzítéshez mágnesek is alkalmazhatók.
Farúd (40±2)*(40±2) mm keresztmetszetű, (500±5) mm hosszúságú farúd a terülésmérő kúpba töltött friss beton tömörítésére.	**Döngölő** [Stößel] A döngölő kemény anyagból készül, keresztmetszete (40±1)*(40±1) mm méretű, hossza 200 mm. A döngölő további, 120-150 mm hosszúságú része köralakú, hogy meg lehessen fogni.
Acélvonalzó Acélvonalzó a csonkakúpba betömörített beton felületének lehúzására.	**Mérőpálca** [Meßlatte] Hosszúsága legalább 700 mm, teljes hosszán 5 mm-es beosztással.
	Keverő edény [Mischbehälter] Cementpéppel nem reagáló, lapos tálca, amelyben a betont a trapéz alakú kőműveskanállal át lehet keverni.
	Tapéz alakú kőműveskanál [Trapezkelle] Kőműveskanál a beton megkeverésére a keverő edényben. A trapéz alakra azért van szükség, hogy a betont a keverő edényben rendesen át lehessen keverni.
	Lapát [Schaufel] Lapát a csonkakúp megtöltésére. Szélessége mintegy 100 mm.
	Stopperóra [Stoppuhr] Stopperóra, amelynek pontossága 1 s.

Vizsgálati minta	
A mintavételt az MSZ 4714-2:1986 szabvány szerint kell végezni, és adatait jegyzőkönyvben kell rögzíteni. A vizsgálati minta átlagminta, amelyet közvetlenül a keverés befejezése után, a bedolgozatlan friss betonkeverékből közel azonos időpontban vett, legalább három egyedi minta összekeverésével kell előállítani. Az átlagmintát a vizsgálat előtt kézi keveréssel homogenizálni kell. A friss beton konzisztenciáját azonnal a mintavétel után meg kell vizsgálni.	A mintavételt az EN 12350-1:1999 szabvány szerint kell végezni. A mintát a keverő edényben a trapéz alakú kőműveskanállal át kell keverni.
Vizsgálati eljárás	
Az ejtőasztalt szilárd burkolatra kell helyezni. A megtisztított csonkakúpot és az ejtőasztalt kifacsart vizes ruhával meg kell nedvesíteni, a kúpot az alátétlapra kell helyezni, a leszorítóvasra rá kell állni. A kúpot két egyenlő rétegben kell a betonkeverékkel megtölteni. Mind a két réteget a farúddal, rétegenként 10 ütéssel kell tömöríteni. A felső réteg tömörítése után a felületet acélvonalzóval le kell húzni, és a lehúzott betont az ejtőasztalról el kell távolítani, a mozgó lapot meg kell tisztítani. A bedolgozás után egy perccel a leszorítóvasról lelépve, a kúpformát óvatosan, függőlegesen le kell emelni a betonról. Az ejtőaztal keretének leszorítóvasaira rá kell állni. Az ejtőasztal lapjának	Az ejtőasztalt vízszintes, sík felületre, rezgés- és lökésmentes helyre kell fektetni. Az ejtőasztal szabványos működését, egyenletes emelési magasságát, visszapattanás nélküli esését, a mozgó lap saruinak tisztaságát ellenőrizni kell. Közvetlenül a mérés előtt a megtisztított ejtőasztalt és a csonkakúpot meg kell nedvesíteni, de úgy, hogy az ejtőasztalon víz nem állhat. A kúpot a lapáttal két egyenlő rétegben kell a betonkeverékkel megtölteni. Mind a két réteget a farúddal, rétegenként 10 könnyű ütéssel kell tömöríteni. A felső réteg tömörítése után a felületet a döngölővel le kell húzni, és a lehúzott betont az ejtőasztalról el kell távolítani, a mozgó lapot meg kell

csuklópántokkal szemközti oldalát fülénél fogva 15 s alatt 15-ször ütközésig (40 mm magasra) meg kell emelni és le kell ejteni. A szétterült beton két egymásra merőleges átmérőjét a mozgó lap éleivel párhuzamosan bekarcolt keresztjelek mentén mérőrúddal, 1 cm pontossággal kell megmérni, és ki kell számítani a két átmérő cm-ben megadott számtani átlagát. Ha a beton folyós, akkor az átmérők megmérésével meg kell várni, amíg a beton nyugalomba kerül. <u>Előfordulhat</u>, hogy a beton szétgurul, ebben az esetben a konzisztencia meghatározására más módszert kell választani.	tisztítani. A beton lehúzása után 30 másodperccel a csonkakúpot óvatosan, függőlegesen lassan (3-6 s alatt) le kell emelni a betonról. Az ejtőasztal lapjának csuklópántokkal szemközti oldalát fülénél fogva 15-ször ütközésig (40 mm magasra) meg kell emelni és le kell ejteni. Egy emelés-ejtés időtartama 2-5 s. A szétterült beton mozgó lap élekkel párhuzamos, egymásra merőleges két legnagyobb méretét a mérőpálcával le kell mérni, és 10 mm pontossággal fel kell jegyezni. <u>Előfordulhat</u>, hogy a cementpép kiválik a durva adalékanyagból és a szétterült beton körül néhány mm széles gyűrűt képez. Az ilyen mérés eredménytelennek minősül.
Vizsgálati eredmény	
A vizsgálati eredmény a két átmérő cm pontossággal megadott számtani átlaga. Az eredményhez meg kell adni a szétterült beton állapotát is (például: a beton szétosztályozódott).	A vizsgálati eredmény a két átmérő 10 mm pontossággal megadott számtani átlaga. Az eredményhez meg kell adni a szétterült beton állapotát is (például: a beton szétosztályozódott).
Ismétlések száma	
A vizsgálati eljárást ugyanabból a betonkeverékből vett újabb átlagmintával egyszer meg kell ismételni (két terülés mérést kell végezni). Újabb átlagmintákkal további három ismétlésre van szükség akkor, ha az első két terülés mérés vizsgálati eredményének eltérése több, mint 2,5 cm.	A vizsgálat megismétléséről a szabvány közvetlenül nem intézkedik. Közvetve utal rá a megjegyzéssel, miszerint a beton konzisztenciáját a cement hidratációja és a nedvesség vesztés időben befolyásolja, ezért az ismétléseket adott időn belül el kell végezni.

Mértékadó vizsgálati eredmény	
Mértékadó vizsgálati eredmény a két terülés mérés vizsgálati eredményének számtani átlaga, ha a két vizsgálati eredmény különbsége legfeljebb 2,5 cm. Ha a különbség ennél nagyobb, akkor újabb átlagmintákkal háromszor meg kell a mérést ismételni, és ebben az esetben a mértékadó vizsgálati eredmény az utóbbi három mérés vizsgálati eredményének számtani átlaga. A mértékadó vizsgálati eredmény a beton konzisztenciájának mérőszáma, amit terülés mérés esetén terülési mértéknek nevezünk. A terülési mértéket cm-ben kell megadni.	A mértékadó vizsgálati eredmény általában egy mérés (ez olyan vizsgálat, amelyik egy mérésből áll) eredménye. A szabvány arról nem szól, hogy ismétlés esetén a két mérés eredményének számtani átlagát, vagy az utóbb végzett mérés eredményét kell mértékadónak tekinteni. Valószínű, hogy ha a két mérés eredménye összeférhető, akkor belőlük számtani átlagot szabad képezni, de ennek ismételhetőségi és összehasonlíthatósági feltételeiről a szabvány nem intézkedik.
Vizsgálat gyakorisága	**Ismételhetőség, összehasonlíthatóság**
A vizsgálatot tételenként legalább egyszer el kell elvégezni. Egy tételbe legfeljebb az egy hét alatt folyamatosan készített, azonos minőségűre tervezett, azonos alapanyagokból, azonos összetétellel, egyazon keverő-berendezéssel, azonos módon előállított betonkeverékek sorolhatók, amelyek összes térfogata építéshelyi betonkeverés esetén legfeljebb 200 m^3, előregyártó vagy transzportbeton üzemi betonkeverés esetén legfeljebb 1000 m^3. (MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 6.3.4.2. fejezet.)	A honosított európai szabvány megadja az **ismételhetőség** [Wiederholbarkeit] és az **összehasonlíthatóság** [Vergleichbarkeit] feltételének számértékeit arra az esetre, ha a terülési mérték 555 mm (F4 és F5 konzisztencia osztályok határa), az eredményeik összeférhetősége szempontjából megítélendő két vizsgálat mindegyike egy mérésből áll, és a statisztikai biztonság értéke 0,95. Ennek célja a mérési eredmények összeférhetőségének (pontosságának) megítélése, ami a terjedelem alapján történik. A terjedelem a vizsgálat legnagyobb és legkisebb mérési eredményének (esetünkben két mérés eredményének) különbsége, abszolút értékben

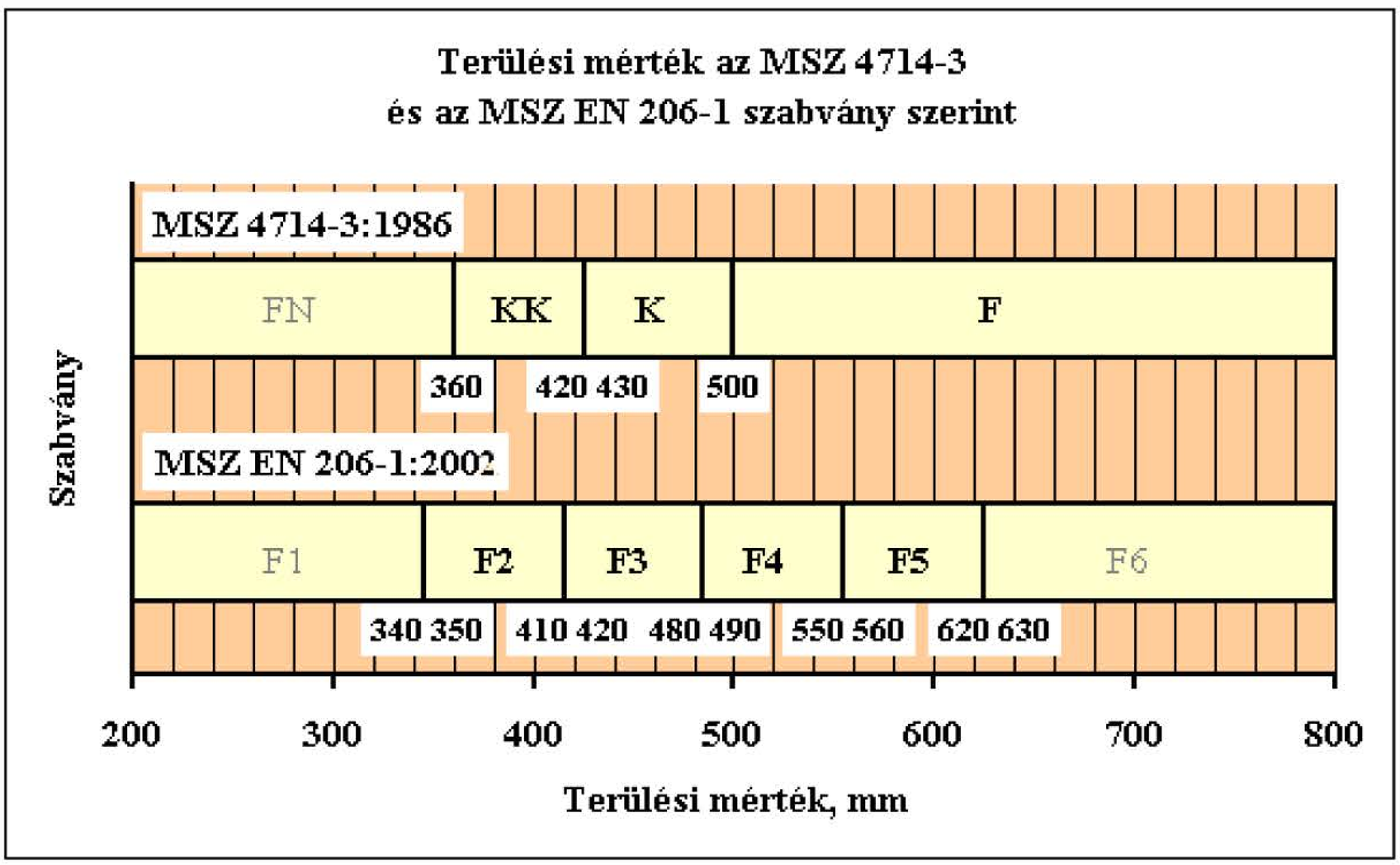
	kifejezve. • Ha egy laboráns az ismételhetőség feltételei mellett két terülés mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme kisebb, mint 69 mm; • ha két laboráns (például a betont gyártó transzportbeton üzem laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) az összehasonlíthatóság feltételei mellett egy-egy terülés mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme kisebb, mint 91 mm. A terülés mérés ismételhetősége és összehasonlíthatósága fogalmainak értelmezése lényegében ugyanaz, mint a roskadás mérés ismételhetősége és összehasonlíthatósága fogalmainak értelmezése, ezért itt az értelmezéssel külön nem foglalkozunk, hanem utalunk a roskadás mérés leírásánál mondottakra. Megemlítjük, hogy az "ismételhetőségi feltétel" szinonimája az "**ismétlési feltétel**", az összehasonlíthatósági feltétel" szinonimája az "**összehasonlítási feltétel**".

Konzisztencia osztályok			
az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint		az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint	
Konzisztencia osztály	Terülési mérték, cm	Konzisztencia osztály	Terülési mérték, mm
FN Földnedves*	< 36	F1*	≤ 340
KK Kissé képlékeny	36 - 42	F2	350 - 410
K Képlékeny	43 - 50	F3	420 - 480
Folyós	50 <	F4	490 - 550
		F5	560 - 620
		F6*	630 ≤
		Az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány 5.4.1. fejezete különleges esetekben megengedi a konzisztencia osztályoktól való eltérést, és megadja a terülési mérték tervezett értékeinek tűréseit.	
Megjegyzés: A *-gal jelölt osztályokban a vizsgálati módszerek kevéssé érzékenyek.			

Terülési mérték

Németül:	Ausbreitmaß (nach Graf)
Angolul:	Flow table test
Franciául:	Essai d'étalement à la table à chocs

1. ábra. Terülés mérő ejtőasztal és csonka-kúp



2. ábra. Az egykori (hagyományos) magyar és az európai terülési osztályok közelítő összevetése

A terülési mérték a régóta és legelterjedtebben használatos konzisztencia ❖ jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgál a beton MSZ 4719:1982 és MSZ EN 206-1:2002 szabványok szerinti konzisztencia osztályainak meghatározásához. A terülési mérték vizsgálatát a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint, és az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához az MSZ EN 12350-5:2000 európai szabvány szerint kell végezni.

A terülési osztály betűjele az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint „F". A magyar és az európai terülési osztályokat az 2. ábrán vetjük össze.

A terülés mérés eszköze mind a nemzeti, mind az európai vizsgálati módszer esetén a terülés mérő ejtőasztal és csonka-kúp forma (1. ábra). A terülés mérő ejtőasztal lapmérete 700*700 mm, és az egyik oldalon 40 mm magasan megemelhető. A terülés mérő csonka-kúp forma mérete Φ200/Φ130*200 mm, térfogata 4341 cm^3. (A roskadás ❖ mérő csonka-kúp ennél magasabb és nagyobb térfogatú.)

A terülés mérés MSZ 4714-3:1986 és MSZ EN 12350-5:2000 szabvány szerinti módszerei között van bizonyos eltérés.

Mind a két szabvány pontatlannak tartja a módszert az FN illetőleg F1 földnedves konzisztenciák tartományában, az MSZ EN 12350-5:2000 és az MSZ EN 206-1:2002 szabvány az F6 osztályban

is, de az F6 osztály alsó határértékeként kissé eltérő számokat adnak meg. Az MSZ EN 12350-5:2000 szabvány szerint a módszer akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a terülést 1,0 cm pontossággal, az MSZ EN 12350-5:2000 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni, ami ugyanaz, de a mértékegység más, tehát a terülés mérőszáma a jövőben az eddiginek tizszerese.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adja, míg az MSZ EN 12350-5:2000 szabvány egy mérés eredményét is elfogadhatja, de hibás mérés esetére ismétlést ír elő.

Az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételeket ◈ az MSZ EN 12350-5:2000 szabvány egyes mérések esetére tárgyalja, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismeri.

A gyakorlatban az *öntömörödő betonok* (angolul: SCC Self compacting concrete, németül: SVB Selbstverdichtender Beton) terülés méréséhez sokszor nem a terülés mérő, hanem a roskadás mérő Abrams-féle csonka-kúp formát használják. Az így mért eredmény - a terülési mérték legalább 550 mm - megtévesztő, ha a nem-öntömörödő, nem-önterülő beton szabványos terülési mértékéhez hasonlítják, hiszen az ugyanolyan folyósságú friss beton csonka-kúp akkor is szélesebbre terül, ha a térfogata nagyobb, és a mérés előtti helyzetben súlypontja magasabban van.

Felhasznált irodalom:

MSZ 4719:1982 Betonok
MSZ 4714-3:1986 A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A konzisztencia meghatározása
MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798:2004 Beton. Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 12350-5:2000 A friss beton vizsgálata. Terülésmérés ejtőasztalon
Palotás L. - Baláza Gy.: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 3. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980.

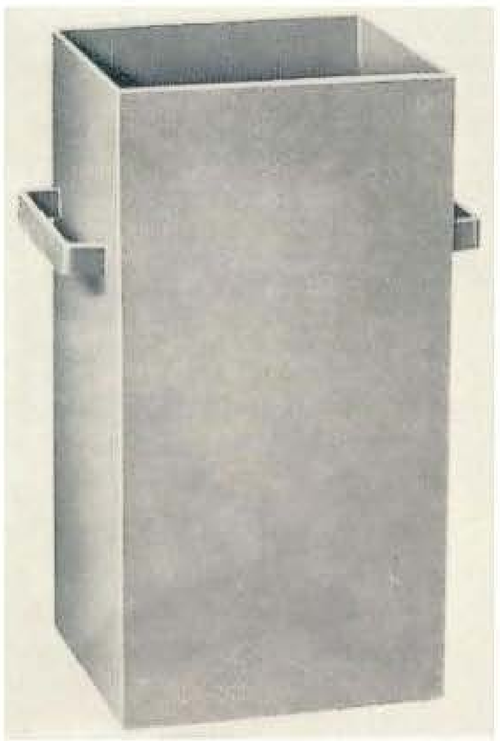
Jelmagyarázat: ◈ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

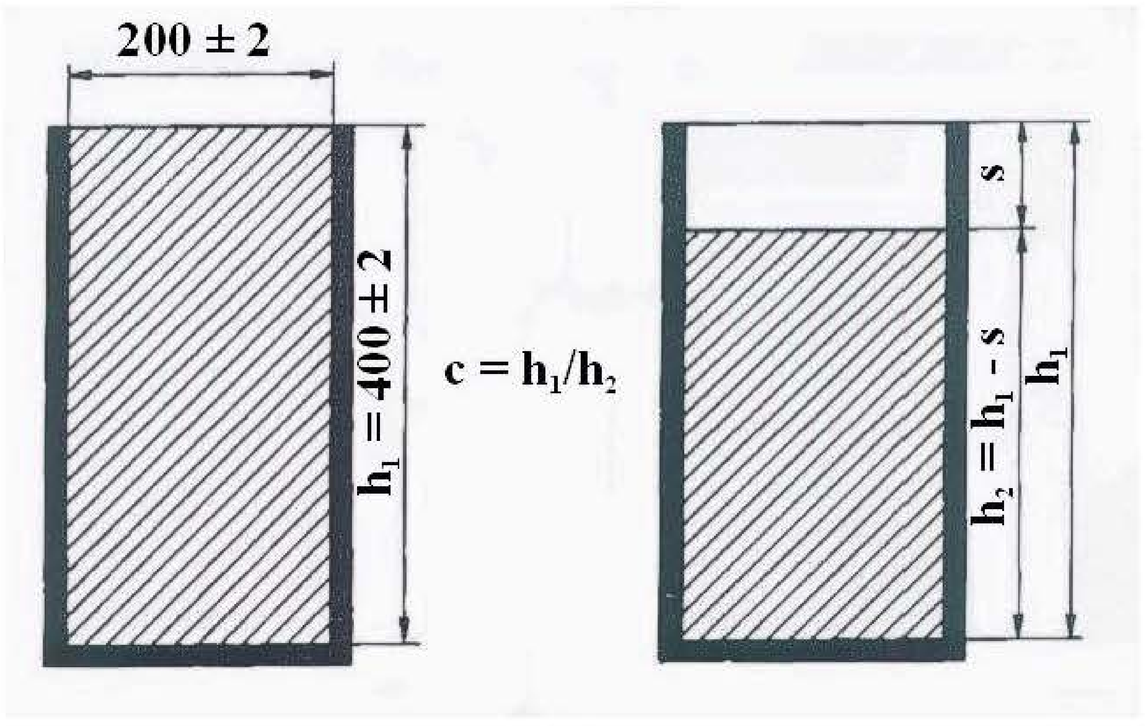
Megjelent a	BETON szakmai havilap	2003. május havi számának 5. oldalán

Tömörítési mérték, tömörödési tényező

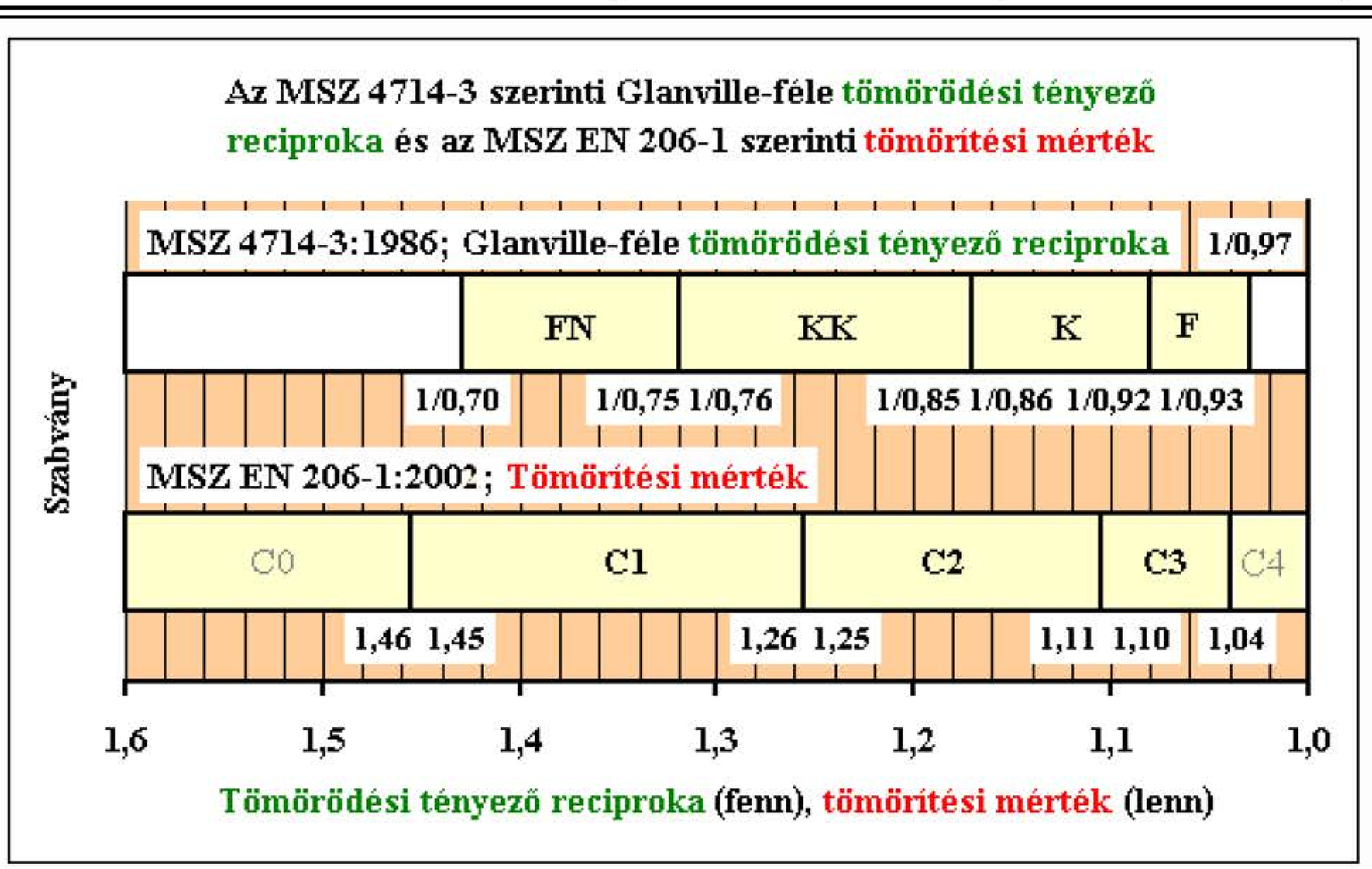
Németül:	Verdichtungsmaß (nach Walz)
Angolul:	Degree of compactability
Franciául:	Degré de compactabilité

2. ábra. Glanville-féle tömörödés mérő készülék (MSZ 4714-3:1986)





1. ábra Walz-féle tömörítés mérő edény és a tömörítési mérték (MSZ EN 206-1:2002)



3. ábra. A Glanville-féle tömörödés és az európai tömörítési osztályok közelítő összevetése

A **(Walz-féle) tömörítési mérték** a konzisztencia ❖ jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgál a beton MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány szerinti konzisztencia osztályának

meghatározásához. A tömörítési mérték vizsgálatát (németül: Verdichtungsversuch) az MSZ EN 12350-4:2000 európai szabvány szerint kell végezni. Az MSZ EN 12350-4:2000 szerinti tömörítési mérték fogalmát a DIN 1048-1:1978 német szabványból *Walz*-féle tömörítési mértékként ismerjük. Vizsgálatával hazánkban nemzeti szabvány nem foglalkozott, bár leírása a 2001. évben érvénytelenített MSZ ISO 4111:1994 nemzetközi szabványban már megtalálható volt.

A tömörítési osztály betűjele az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint „C".

A vizsgáló eszköz 200*200 mm alapterületű, 400 mm magas fém edény (1. ábra), amelyet lazán meg kell tölteni betonnal, és le kell húzni. Ezután a betont vibroasztalon, vagy merülő vibrátorral tömöríteni kell. A tömörítési mérték a beton eredeti magasságának (400 mm) és mm pontosan megmért tömörítés utáni magasságának két tizedes pontossággal kiszámított hányadosa, mindig egynél nem kisebb szám.

Az MSZ EN 12350-4:2000 szerinti tömörítés mérés elsősorban akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm, és a konzisztencia osztály C1 - C3 (esetleg C0 -C4) közötti. A módszer megbízhatóságára, az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételekre ❖ az MSZ EN 12350-4:2000 szabványban nincs adat.

A tömörítési mérték azt mutatja meg, hogy a laza állapotú beton térfogata a betömörített beton térfogatának hányszorosa. Értékét betontervezéskor annak kiszámítására szoktuk használni, hogy a betonkeverőgép dobjában megkeverhető betonadag laza térfogata hányszorosa a betonadag betömörítés utáni térfogatának, illetve, hogy a laza betonadag tömege hányadrésze az ugyanolyan térfogatú betömörített beton tömegének. (Például abból a képlékeny konzisztenciájú betonból, amelynek tömörítési mértéke 1,12 és testsűrűsége friss állapotban, betömörítés után 2400 kg/m^3 lesz, az 800 literes betonkeverő dobban 2400*0,8/1,12=1714 kg tömegű beton adag keverhető meg.)

A (Walz-féle) *tömörítési mértéket* nem szabad összetéveszteni a rokon hangzású (Glanville-féle) *tömörödési tényezővel*. Ennek esélye megvan, hiszen az EN 12350-4:1999 európai forrás szabvány címében szereplő angol „Degree of compactability" kifejezés nemcsak tömörítési mértéknek, hanem tömörödési tényezőnek is fordítható (mint az sajnos a honosított magyar szabvány esetén meg is történt).

A **Glanville-féle tömörödési tényező** a konzisztencia ❖ jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgál a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához. A tömörödési tényező vizsgálatát a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint kell végezni.

A tömörödési osztályok mérőszámainak határértékei a $d_{max} \leq 32$ mm legnagyobb szemnagyságú betonok vizsgálatára alkalmas 5 dm^3 űrtartalmú hengerrel rendelkező, kisebb Glanville-féle készülékre vonatkoznak, amelynek felső csonkakúpja Φ260/Φ130*280 mm méretű (2. ábra). A készülék másik, ritkán használt, nagyobb méretváltozata a $d_{max} \leq 63$ mm legnagyobb szemnagyságú betonok vizsgálatára alkalmas, ennek henger-űrtartalma 20 dm^3, felső csonkakúpja Φ380/Φ190*410 mm méretű. A tömörödési tényező a laza és a bevibrált friss beton testsűrűségének két tizedes pontossággal kiszámított hányadosa, mindig egynél nem nagyobb szám.

A tömörödési tényező fogalmát *dr. Palotás László* (1905-1993) az építőanyagok műszaki értelmező szótárába (Terra Könyvkiadó. Budapest) már 1958-ban felvette. A Glanville-féle tömörödési tényezőt CF-számnak is szokták nevezni, az angol „Compacting Faktor" kifejezés kezdőbetűi alapján (BS 1881:1988). Az irodalom a mérőeszközt *Glanville-Rilem-féle készülék* néven is említi (RILEM Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Materiaux et les Constructions = Építőanyagok és szerkezetek laboratóriumi vizsgálatának és kutatásának nemzetközi egyesülete).

Az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány szerinti tömörítési osztályoknak a magyar szabványokban nincs megfelelője. Minthogy azonban a *Walz-féle tömörítési mérték* közelítőleg egyenlő az MSZ 4714-3:1986 szabványban szereplő *Glanville-féle tömörödési tényező* reciprokával, ez utóbbit a szóban forgó konzisztencia osztályok közvetett összehasonlításául használhatjuk. A Glanville-féle tömörödési tényező reciprok értékeit és az európai tömörítési osztályokat a 3. ábrán vetjük össze.

Felhasznált irodalom:

MSZ 4719:1982 Betonok
MSZ 4714-3:1986 A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A konzisztencia meghatározása
MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798:2004 Beton. Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 12350-4:2000 A friss beton vizsgálata. Tömörítési mérték (helytelenül: tömörödési tényező)
Palotás L. - Balázs Gy.: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 3. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980.

Jelmagyarázat: ❖ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

Megjelent a

BETON

szakmai havilap

2003. július-augusztus havi számának 18-19. oldalán

A friss beton konzisztenciájának mérése

a VEBE-méteres átformálási idő meghatározásával

MSZ 4714-3:1986	MSZ EN 12350-3:2000
A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. **A konzisztencia meghatározása** **5. fejezet: Az átformáláshoz szükséges vibrációs idő meghatározása** **VEBE-méterrel**	**A friss beton vizsgálata.** **3. rész: VEBE vizsgálat** [Németül: Vebe-(Zeit)-Prüfung]
Vizsgálati feltételek	
E módszerrel az összes betonkeverék konzisztenciája meghatározható.	Ha a VEBE-méteres átformálási idő 5 másodpercnél kevesebb, vagy 30 másodpercnél több, akkor a módszer a konzisztencia meghatározására alkalmatlan. A vizsgálat akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm.
Vizsgálóeszközök	
VEBE-méter A VEBE méter a következő részekből áll: • **Henger alakú fémtartály;** • **csonkakúp forma;** • **forgókar tölcsérrel és átlátszó koronggal;** • **vibrálóasztal**.	**VEBE-méter** A VEBE méter a következő részekből áll: • **Henger alakú fémtartály;** • **csonkakúp forma;** • **forgókar tölcsérrel és átlátszó koronggal;** • **vibrálóasztal**.

Henger alakú fémtartály A henger alakú fémtartály vízzáró, korrózióálló és merev. A vibrálóasztalhoz lehet rögzíteni. Belső méretei a következők: Átmérő: Φ (240±5) mm Magasság: 200 mm	**Henger alakú edény** [Zylindrischer Behälter] Henger alakú fémedény, amely a cementpéppel nem reagál, vízzáró, alaktartó. Falvastagsága mintegy 3 mm, a fenéklemeze mintegy 7,5 mm vastag. A vibroasztalhoz lehet rögzíteni. Belső méretei a következők: Átmérő: Φ (240±5) mm Magasság: (200±2) mm
Csonkakúp forma Anyaga sima felületű, legalább 1,6 mm vastagságú fém. Belső méretei a következők: Alsó átmérő: Φ (200+3-1,6) mm Felső átmérő: Φ (100+3-1,6) mm Magasság: (300+3-1,6) mm A csonkakúp forma megegyezik a roskadásmérő kúppal, felső síkján nincs tányér. Kézi fogantyúkkal rendelkezik.	**Csonkakúp forma [Hohlkegelstumpf Form]** Anyaga sima felületű fém, cementpéppel nem reagál, falvastagsága legalább 1,5 mm. Belső méretei a következők: Alsó átmérő: Φ (200±2) mm Felső átmérő: Φ (100±2) mm Magasság: (300±2) mm A csonkakúp forma megegyezik a roskadásmérő kúppal, kézi fogantyúkkal rendelkezik.
Forgókar A forgókar tartóhüvelyben áll. A forgókar függőleges rúdján mm beosztás van. A forgókarra **tölcsér és vízszintes, átlátszó korong** van szerelve. A tölcsér tengelye és a korong tengelye a forgókar elfordításával a henger alakú tartály tengelyével esik egybe. A rúd, a korong és a pótsúly együttes tömegét (2750±50) g-ra kell	**Forgókar** [Schwenkarm] A forgókar tartóhüvelyben áll. A forgókar függőleges rúdján 5 mm-es beosztás van. A forgókarra **tölcsér és vízszintes, átlátszó korong** van szerelve. Az átlátszó korong átmérője Φ (230±2) mm, vastagsága (10±2) mm. A tölcsér tengelye és a korong tengelye a forgókar elfordításával a

beállítani.	henger alakú tartály tengelyével esik egybe. A rúd, a korong és a pótsúly együttes tömegét (2750±50) g-ra kell beállítani.
Vibrálóasztal A vibrálóasztal négy gumilemezre támaszkodik. Hosszúsága 380 mm, szélessége 260 mm. A vibrátor frekvenciája 3000/perc, amplitudója 0,6 mm.	**Vibroasztal** [Rütteltisch] A vibroasztal négy gumilemezre támaszkodik. Hosszúsága (380±3) mm, szélessége (260±3) mm. A vibrátor frekvenciája 50-60 Hz, függőleges amplitudója üres edénnyel ±0,5 mm. (1 Hz = 1/s; 50 Hz - 60 Hz = 50/s - 60/s = 3000/perc - 3600/perc).
Döngölőrúd Anyaga acél, egyik vége legömbölyített, átmérője Φ 16 mm, hosszúsága 600 mm.	**Acél döngölőrúd** [Stampfer aus Stahl] Acél döngölőrúd, egyik vége legömbölyített, átmérője Φ 16 mm, hosszúsága 600 mm.
Stopperóra Stopperóra, amelynek pontossága 0,5 s.	**Stopperóra** [Stoppuhr] **vagy óra** Stopperóra, amelynek pontossága 0,5 s.
	Keverő edény [Mischbehälter] Cementpéppel nem reagáló, merev, nem abszorbeáló edény, amelyben a betont át lehet keverni. Mérete legyen a kőműveskanál méretével összhangban.
	Tapéz alakú kőműveskanál [Trapezkelle] Kőműveskanál a beton megkeverésére a keverő edényben. A trapéz alakra azért van szükség, hogy a betont a keverő edényben rendesen át lehessen keverni.

	Kézi lapát [Handschaufel] Kézi lapát, 100 mm széles.
Vizsgálati minta	
A mintavételt az MSZ 4714-2:1986 szabvány szerint kell végezni, és adatait jegyzőkönyvben kell rögzíteni. A vizsgálati minta átlagminta, amelyet közvetlenül a keverés befejezése után, a bedolgozatlan friss betonkeverékből közel azonos időpontban vett, legalább három egyedi minta összekeverésével kell előállítani. Az átlagmintát a vizsgálat előtt kézi keveréssel homogenizálni kell. A friss beton konzisztenciáját azonnal a mintavétel után meg kell vizsgálni.	A mintavételt az EN 12350-1:1999 szabvány szerint kell végezni. A mintát a keverő edényben a trapéz alakú kőműveskanállal át kell keverni.
Vizsgálati eljárás	
A VEBE-métert merev, vízszintes felületen kell elhelyezni. A csonkakúp formát vizes ruhával meg kell nedvesíteni. A tartályt rögzíteni kell a vibrálóasztalhoz. A csonkakúp formát a tartály közepébe kell helyezni, a tölcsért a csonkakúpra kell forgatni, és rögzíteni kell. A kúpot **négy egyenlő rétegben** kell a betonkeverékkel megtölteni. Minden egyes réteget az acélrúd legömbölyített végével 25 szúrással kell tömöríteni. A szúrásokat a beton felületén egyenletesen kell elosztani. Az acélrúdnak minden réteg tömörítésénél le kell hatolnia a kúp aljáig. A legfelső réteg tömörítése után a tölcsérrögzítő csavart meg kell oldani, a tölcsért el kell fordítani, a beton felületet a vakolókanállal le kell húzni. A bedolgozás után egy perccel a	A VEBE-métert merev, vízszintes felületen kell elhelyezni. A csonkakúp formát vizes ruhával meg kell nedvesíteni. A tartályt rögzíteni kell a vibroasztalhoz. A csonkakúp formát a tartály közepébe kell helyezni, a tölcsért a csonkakúpra kell forgatni, és rögzíteni kell. A kúpot **három egyenlő rétegben** kell a betonkeverékkel megtölteni. Minden egyes réteget a döngölőrúd legömbölyített végével 25 szúrással kell tömöríteni. A szúrásokat a beton felületén egyenletesen kell elosztani. Az alsó réteg esetén minden második szúrás enyhén ferdén tartott döngölőrúddal a középpont felé kell irányuljon. A döngölőrúdnak minden réteg

csonkakúp formát óvatosan, függőlegesen le kell emelni a betonról. Az átlátszó korongot a beton megroskadt kúpja fölé kell fordítani, és le kell ereszteni a beton felületére. A roskadási mértéket a forgókar függőleges rúdján lévő skáláról mm-ben le kell olvasni. Meghúzott csavarok mellett meg kell indítani a vibrálást a stopperórával egyidejűleg. A beton átformálását az átlátszó korongon keresztül meg kell figyelni. Az átformálás megtörténtének pillanatában, - amikor az átlátszó korong egész felületét cementhabarcs borítja - a stopperórát meg kell állítani, és a vibrátort ki kell kapcsolni.	tömörítésénél le kell hatolnia a kúp aljáig. A legfelső réteg tömörítése után a tölcsérrögzítő csavart meg kell oldani, a tölcsért el kell fordítani, a beton felületet a döngölőrúddal le kell húzni. Ezután a csonkakúp formát 5-10 s alatt, függőlegesen le kell emelni a betonról. A roskadás akkor szabályos, ha nem féloldalas, és ha a beton nem esik össze. Az átlátszó korongot a beton megroskadt kúpja fölé kell fordítani, és le kell ereszteni a beton felületére. A roskadási mértéket a forgókar függőleges rúdján lévő skáláról 10 mm pontossággal le kell olvasni. Meghúzott csavarok mellett meg kell indítani a vibrálást a stopperórával egyidejűleg. A beton átformálását az átlátszó korongon keresztül meg kell figyelni. Az átformálás megtörténtének pillanatában, - amikor az átlátszó korong egész felületét cementhabarcs borítja - a stopperórát meg kell állítani, és a vibrátort ki kell kapcsolni. A teljes vizsgálatnak, beleértve a csonkakúp forma megtöltését is, 5 perc alatt le kell bonyolódnia.
Vizsgálati eredmény	
A mérés eredménye az átformáláshoz szükséges idő másodpercben.	A mérés eredménye az átformáláshoz szükséges idő másodpercben. Ez a beton konzisztenciájának mérőszáma, amit VEBE-méteres átformálási időnek nevezünk, és másodpercben adunk meg.

Ismétlések száma	
A vizsgálati eljárást ugyanabból a betonkeverékből vett újabb átlagmintával egyszer meg kell ismételni (két átformálás mérést kell végezni). Újabb átlagmintákkal további három ismétlésre van szükség akkor, ha az első két VEBE-méteres átformálási idő mérés vizsgálati eredményének átlagtól való eltérése több, mint 10 %.	A vizsgálat megismétléséről a szabvány közvetlenül nem intézkedik. Közvetve utal rá a megjegyzéssel, miszerint a beton konzisztenciáját a cement hidratációja és a nedvesség vesztés időben befolyásolja, ezért az ismétléseket adott időn belül el kell végezni.
Mértékadó vizsgálati eredmény	
Mértékadó vizsgálati eredmény a két átformálási idő mérés vizsgálati eredményének számtani átlaga, ha a két vizsgálati eredmény átlagtól való eltérése kevesebb, mint 10 %. Ha az eltérés ennél nagyobb, akkor újabb átlagmintákkal háromszor meg kell a mérést ismételni, és ebben az esetben a mértékadó vizsgálati eredmény az utóbbi három mérés vizsgálati eredményének számtani átlaga. A mértékadó vizsgálati eredmény a beton konzisztenciájának mérőszáma, amit VEBE-méteres átformálási időnek nevezünk, és másodpercben adunk meg.	A mértékadó vizsgálati eredmény általában egy mérés (ez olyan vizsgálat, amelyik egy mérésből áll) eredménye. A szabvány arról nem szól, hogy ismétlés esetén a két mérés eredményének számtani átlagát, vagy az utóbb végzett mérés eredményét kell mértékadónak tekinteni.
Vizsgálat gyakorisága	**Ismételhetőség, összehasonlíthatóság**
A vizsgálatot tételenként legalább egyszer el kell elvégezni. Egy tételbe legfeljebb az egy hét alatt folyamatosan készített, azonos minőségűre tervezett, azonos alapanyagokból, azonos összetétellel, egyazon keverő-berendezéssel, azonos módon előállított betonkeverékek sorolhatók, amelyek összes térfogata építéshelyi betonkeverés esetén legfeljebb 200 m^3, előregyártó vagy transzportbeton üzemi betonkeverés esetén	A vizsgálat pontosságára jelenleg nincs adat.

legfeljebb 1000 m^3. (MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 6.3.4.2. fejezet.)	

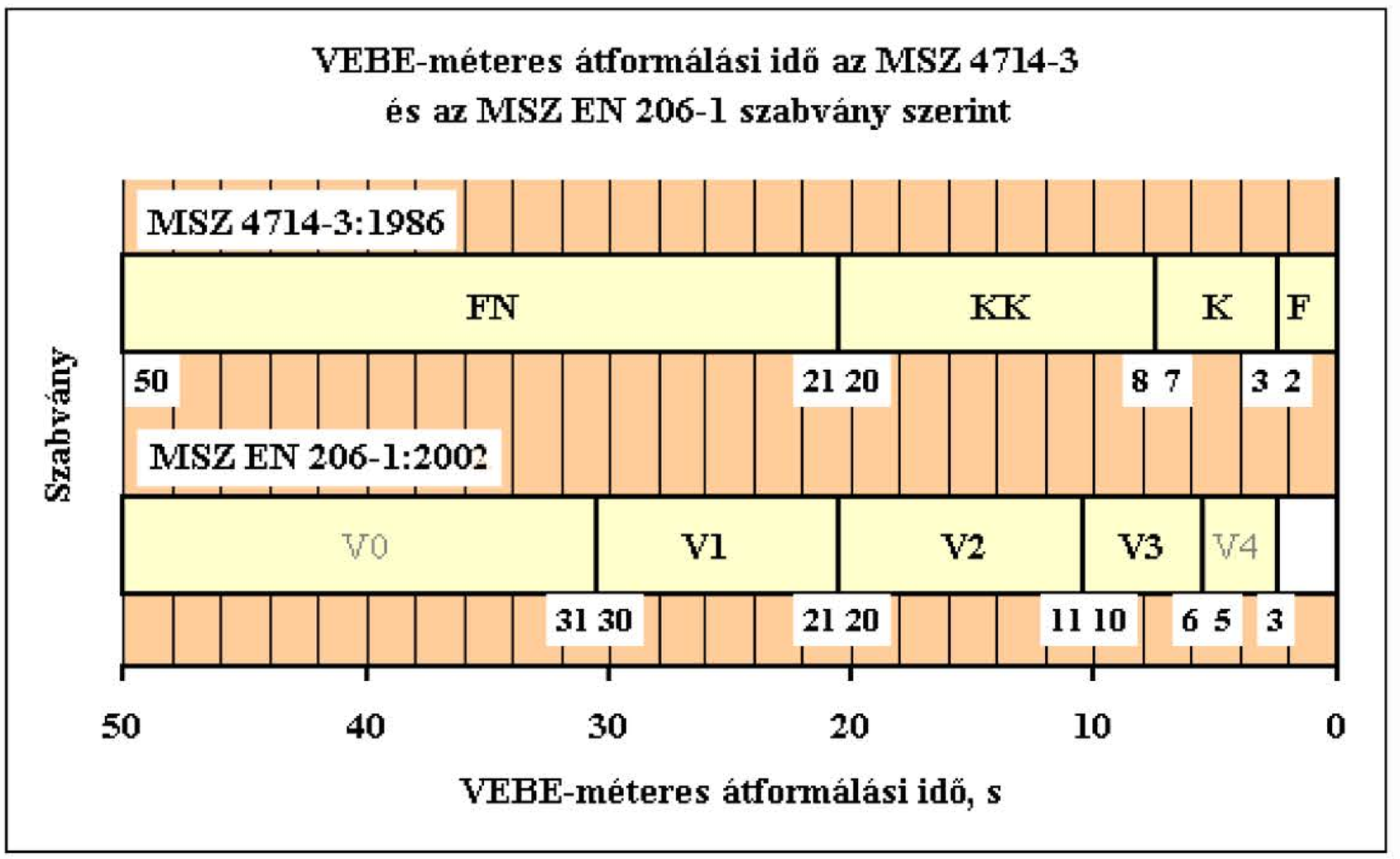
Konzisztencia osztályok			
az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint		az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint	
Konzisztencia osztály	Átformálási idő, s	Konzisztencia osztály	Átformálási idő, s
FN Földnedves	50 - 21	V0*	≥ 31
KK Kissé képlékeny	20 - 8	V1	30 - 21
K Képlékeny	7 - 3	V2	20 - 11
Folyós	2 ≥	V3	10 - 6
		V4*	5 - 3
		Az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány 5.4.1. fejezete különleges esetekben megengedi a konzisztencia osztályoktól való eltérést, és megadja az átformálási VEBE-idő tervezett értékeinek tűréseit.	

Megjegyzés: A *-gal jelölt osztályokban a vizsgálati módszerek kevéssé érzékenyek.

VEBE-méteres átformálási idő

Németül:	Setzzeit (nach Vebe), Vebé-Zeit
Angolul:	Vebe test
Franciául:	Essai Vébé

1. ábra. VEBE-méter



2. ábra. Az egykori (hagyományos) magyar és az európai VEBE osztályok közelítő összevetése

A VEBE-méteres **átformálási idő** a hagyományokkal rendelkező konzisztencia ❖ jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgál a beton MSZ 4719:1982 és MSZ EN 206-1:2002 szabványok szerinti konzisztencia osztályainak meghatározásához. A VEBE-méteres átformálás vizsgálatát a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint, és az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához az MSZ EN 12350-3:2000 európai szabvány szerint kell végezni.

A VEBE osztály betűjele az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint „V". A magyar és az európai VEBE osztályokat az 2. ábrán vetjük össze.

A VEBE-készülék rázóasztalon áll, és az Abrams-féle roskadás mérő csonka-kúp alakú friss beton hengerré formálásához szükséges vibrálási idő mérésére alkalmas. A berendezés a VEBE megnevezést a svéd *Victor Bährner* nevének kezdőbetűi után kapta, aki konzisztencia vizsgálati módszerét 1940-ben publikálta a német „Zement" c. folyóiratban. A Bährner-féle VEBE-méter fő méretei azóta sem sokat változtak, de szerkezete bizonyos fejlődésen ment át, az MSZ 4714:1955 szabvány még azt írta, hogy a rázóasztalra szerelt kettős henger átlátszó anyagból készül. A mai, MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti készülék henger alakú szimpla fémtartállyal rendelkezik,

amelynek belső átmérője (Φ 240 mm) megegyezik az eredeti változat belső hengerének belső átmérőjével (1. ábra). Az MSZ 4714:1955 szabvány és egy időben az irodalom (1936. évi hivatkozással) a Bährner-féle VEBE-méter mellett az attól annyiban különböző *Szbramtajev*-módszert is tárgyalta, hogy az utóbbi a henger alakú tartály helyett 200 mm élhosszúságú kockaformát alkalmaz.

A VEBE-méteres átformálás vizsgálatának MSZ 4714-3:1986 és MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerinti módszerei között van bizonyos eltérés.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a módszerrel az összes beton konzisztenciája meghatározható, az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerint csak a V1 - V3 konzisztencia osztályba tartozó betonok esetén, és akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a forgókar függőleges rúdján mm-es beosztás, az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerint 5 mm-es beosztás van.

Hasonlóan a roskadás méréséhez ◆ az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a csonka-kúpot négy rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen 4*25=100 szúrással kell tömöríteni, az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerint három rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen 3*25=75 szúrással kell tömöríteni.

Ha a VEBE-készülékkel a roskadási mértéket ◆ is meghatározzuk, akkor az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a roskadást 1 mm pontossággal, az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni.

A VEBE átformálási időt 1 másodperc pontossággal kell megadni.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adja, míg az MSZ EN 12350-3:2000 szabvány egy mérés eredményét is elfogadhatja, de hibás mérés esetére ismétlést ír elő.

A módszer megbízhatóságára, az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételekre ◆ az MSZ EN 12350-3:2000 szabványban nincs adat, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismeri.

A VEBE-méteres átformálási idő vizsgálata tulajdonképpen az MSZ 4714-3:1986 szabványban **átformálási ütésszám** meghatározása néven tárgyalt *Powers*-féle konzisztencia vizsgálat módosított formája. Az átformálási ütésszámot régebben *Powers-foknak* nevezték. Vizsgálati eszköze az ejtőkengyeles készülék, amelynek henger alakú mérőedénye ma Φ 233,5 mm belső átmérőjű és ugyanilyen magas. Az eredeti Powers-féle készülék mérőedénye Φ 240 mm belső átmérőjű és 200 mm magas, módosított változaté Φ 300 mm belső átmérőjű és 200 mm magas volt. A módosított változat voltaképpen nem más, mint az MSZ 4714:1955 szabványban szereplő, rázóasztalon álló, átformálási időt mérő, kettős hengeres Bährner-féle VEBE-méter, amely egykor 2,2 cm ejtési magasságú, az átformáláshoz szükséges ütéseket létrehozó ejtőasztalon állt, és a konzisztenciát az átformáláshoz szükséges ejtési ütések számával fejezte ki (ez utóbbi módszer neve németül: Verformungsversuch nach Powers). Az egyszerű ejtőkengyeles berendezést *Thaulov*-készüléknek is hívták.

Felhasznált irodalom:

MSZ 4719:1982 Betonok
MSZ 4714-3:1986 A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A konzisztencia meghatározása
MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798:2004 Beton. Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 12350-3:2000 A friss beton vizsgálata. VEBE vizsgálat
Palotás L. - Balázs Gy.: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 3. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980.

Jelmagyarázat: ◆ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

Megjelent a	BETON szakmai havilap	2003. június havi számának 14-15. oldalán

AZ ÖNTERÜLŐ-ÖNTÖMÖRÖDŐ BETON KONZISZTENCIAMÉRÉSE

1. BEVEZETÉS

A hagyományos önthető betonból nagykiterjedésű szerkezetek gyorsan, könnyen építhetők. Konzisztenciája annyira híg, hogy öntővályúban is eljuttatható a szerkezet minden részébe. Az önthető beton finom rész tartalma nagy, zsugorodása igen jelentős. Különleges fajtája az *önterülő és öntömörödő beton*, amely az önterülő képességet nem a nagy vízadagolásnak, hanem a különleges összetételnek – megfelelő finomszem-víz térfogatarány (kb. 1,1-1,4 közötti, kísérletileg meghatározandó érték), mintegy 200 – 420 kg/m^3 finomszemtartalom (pl. mészkőliszt, pernye), megfelelő cementtartalom (250-400 kg/m^3), a 0,125-4,0 mm közötti homokszemek megfelelő térfogataránya a habarcsban (kb. 40 %), a 4 mm feletti kavicsszemek megfelelő hézagtérfogata (kb. 50 térfogat%), mintegy 1,5-2,0 térfogat% levegőtartalom, megfelelő (előnyösen polikarboxilat-éter alapú) folyósító adalékszer tartalom – köszönheti, miáltal jórészt mentes a hagyományos önthető beton egyébként hátrányos tulajdonságaitól (http://www.betonopus.hu/notesz/konzisztencia/konzisztencia.pdf).

A beton-konzisztencia fizikai, a folyadékok viszkozitásával rokon betontechnológiai fogalom, amely a friss beton mozgással szembeni ellenállását, belső súrlódását, alaktartását fejezi ki (http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/viszkozitas.pdf). A beton konzisztenciája elsősorban a friss beton keverhetőségét, szállíthatóságát, bedolgozhatóságát, tömöríthetőségét, állékonyságát befolyásolja, de hatással van a beton cement- és vízigényére, kötési-szilárdulási folyamatára, zsugorodására, a megszilárdult beton szövetszerkezetére (struktúrájára), szilárdságára is. A friss beton konzisztenciáját a cement minősége, az adalékanyag anyagtani minősége és szemszerkezete, a keverék összetétele, mint például a víz-, cement-, adalékanyag- finomrész-tartalom befolyásolja. A beton-konzisztencia gyakorlati fogalom, amelynek mérése egzakt módon körülményes, de mértéke szabványosított gyakorlati mérési módszerekkel jól kifejezhető.

A konzisztencia mérés hagyománya közel évszázados az új európai betonszabványok (MSZ EN 206-1:2002, MSZ EN 206-9:2010) azonban az eddigi magyar betonszabványhoz (MSZ 4719:1982) képest megváltoztatták a konzisztencia osztályokat, és a mérési módszerekben is hoztak bizonyos változásokat, sőt az önterülő-öntömörödő betonokra vonatkozólag új konzisztencia osztályokat és vizsgálati eljárásokat.

A betontechnológia fejlődésével megjelent az önterülő és öntömörödő beton, amelynek konzisztencia vizsgálati módszerei a hagyományostól eltérnek. Minthogy az önterülő és egyben öntömörödő beton önthető-önterülő konzisztenciájára és különleges összetételére tekintettel az MSZ EN 206-1:2002 szabvány 2010-ig nem foglalkozott az önterülő-öntömörödő betonnal, azt eddig az időpontig a „DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton", röviden „DAfStb-Richtlinie SVB" (Berlin, 2003) német műszaki irányelv szerint lehetett készíteni és vizsgálni. Az önterülő-öntömörödő beton szétterülésének, ülepedésének és szétosztályozódási hajlamának vizsgálatára e német műszaki irányelven kívül is dolgoztak ki különleges konzisztencia vizsgálati módszereket (*Krüger* 1999, *Kordts – Breit* 2003, *Zsigovics* 2003). A 2010-ben érvényre lépett EN 206-9:2010 európai szabványban az öntömörödő betonra (SCC = Self-compacting Concrete) fogalmaztak meg az EN 206-1:2000 európai betonszabványhoz tartozó kiegészítő szabályokat. Az európai öntömörödő beton szabványt MSZ EN 206-9:2010 számon honosították, és az, az MSZ EN 206-1:2002 betonszabvánnyal együtt kezelendő.

Az MSZ EN 206-9:2010 európai szabvány a transzportbetonra, a helyszínen készített és az előregyártott közönséges önterülő-öntömörödő betonra egyaránt vonatkozik, a könnyű és a nehéz adalékanyaggal, valamint az erősítő szálakkal készített betonra azonban csak korlátozottan érvényes.

A beton önterülő és öntömörödő jelzője szinonimaként használatos. Ebben a dolgozatban a következőkben az öntömörödő jelzőt használjuk, de az így öntömörödőnek nevezett beton önterülő is.

2. AZ ÖNTÖMÖRÖDŐ BETON KONZISZTENCIA OSZTÁLYAI

Az öntömörödő betonnal foglalkozó MSZ EN 206-9:2010 európai szabványban hat konzisztencia osztály található, ezek jellemzőit az *1. táblázatban* tüntettük fel.

Megjegyzések az *1. táblázathoz*: A terülési idő és a tölcséres kifolyási idő osztályai hasonlóak, de – ha a nemzeti melléklet másképp nem rendelkezik – a terülési idő tervezett értékének tűrése ±1 s, a tölcséres kifolyási idő tervezett értékének tűrése a VF1 osztályban ±3 s, a VF2 osztályban ±5 s. Ugyanezt lehet mondani az L-szekrényes átfolyási képesség és a fékező gyűrűs átfolyási képesség osztályainak hasonlóságáról – azonban ezek mértékegysége eltérő –, és ezek a tűrését az MSZ EN 206-9:2010 szabvány nem tartalmazza.

Az MSZ EN 206-1:2002 szabvány 5.4.1. szakasza az öntömörödő beton esetén nem érvényes.

Ha az öntömörödő beton folyási képességét kell meghatározni, akkor az MSZ EN 12350-8:2010 szerinti roskadási terülést kell megmérni.

Ha az öntömörödő beton viszkozitását kell meghatározni, akkor vagy a t_{500} terülési időt (MSZ EN 12350-8:2010) vagy a tölcséres kifolyási időt (MSZ EN 12350-9:2010) kell megmérni.

Ha az öntömörödő beton átfolyási képességét kell meghatározni, akkor vagy az L-szekrényes vizsgálatot (MSZ EN 12350-10:2010) vagy a fékező gyűrűs vizsgálatot (MSZ EN 12350-12:2010) kell elvégezni.

Ha az öntömörödő beton szétosztályozódással szembeni ellenállását kell meghatározni, akkor az ülepedési (szétosztályozódási) hajlam vizsgálata végzendő el az MSZ EN 12350-11:2010 szabvány szerint.

A felsorolt folyási képesség, a viszkozitás, a fékező gyűrűs átfolyási képesség és a szétosztályozódási ellenállás vizsgálata az építés helyen alternatív módszerként alkalmazható, ha ezek összefüggése ismert (MSZ EN 206-1 szabvány 9.4. fejezete).

Az öntömörödő beton konzisztenciáját a beton felhasználásának vagy transzport beton esetén a beton átadásának időpontjában kell meghatározni.

Ha a betont mixer gépkocsiban vagy agitátor keverőben adják át, akkor a konzisztenciát az első ürítésből vett helyszíni mintán lehet meghatározni.

Az öntömörödő beton konzisztenciáját az *1. táblázat* szerinti konzisztencia osztály jelével, vagy a konzisztencia tervezett értékével vagy határértékével lehet megadni.

1. táblázat: Az MSZ EN 206-9:2010 európai szabvány öntömörödő betonokra vonatkozó konzisztencia osztályai

Roskadási terülés		
Osztály jele	Roskadási terülési mérték határértéke [mm]	Vizsgálati szabvány
SF1	500-650	MSZ EN 12350-8:2010
SF2	660-750	
SF3	760-850	
Megjegyzés: a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a roskadási terülés tervezett értékével b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $D_{max} \leq 40$ mm		
Terülési idő (az 500 mm-es terülési átmérő eléréséhez szükséges idő roskadási terülés mérés során)		
Osztály jele	t_{500} terülési idő mértékének határértéke [s]	Vizsgálati szabvány
VS1	< 2,0	MSZ EN 12350-8:2010
VS2	≥ 2,0	
Megjegyzés: a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a terülési idő tervezett értékével b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $D_{max} \leq 40$ mm		
Tölcséres kifolyási idő		
Osztály jele	t_V tölcséres kifolyási idő mértékének határértéke [s]	Vizsgálati szabvány
VF1	< 9,0	MSZ EN 12350-9:2010
VF2	9,0 – 25,0	
Megjegyzés: a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a kifolyásisi idő tervezett értékével b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $D_{max} \leq 22{,}4$ mm (Magyarországon 24 mm)		
L-szekrényes átfolyási képesség		
Osztály jele	L-szekrényes átfolyási képesség arányszámának határértéke [-]	Vizsgálati szabvány
PL1	≥ 0,8 két fékező acélrúd alkalmazásával	MSZ EN 12350-10:2010
PL2	≥ 0,8 három fékező acélrúd alkalmazásával	
Megjegyzés: Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet az L-szekrényes átfolyási képesség arányszámának legkisebb értékével		
Fékező gyűrűs átfolyási képesség		
Osztály jele	Betonlepény belső és külső magassága különbségének határértéke [mm]	Vizsgálati szabvány
PJ1	≤ 10 tizenkét fékező acélrúd alkalmazásával	MSZ EN 12350-12:2010
PJ2	≤ 10 tizenhat fékező acélrúd alkalmazásával	
Megjegyzés: a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a betonlepény belső és külső magassága különbségének legnagyobb tervezett értékével b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $D_{max} \leq 40$ mm		
Ülepedési (szétosztályozódási) hajlam vizsgálata szitán		
Osztály jele	Szitán átfolyt anyag mennyiségének határértéke [tömeg%]	Vizsgálati szabvány
SR1	≤ 20	MSZ EN 12350-11:2010
SR2	≤ 15	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a szitán fennmaradt anyag tömeg%-ban kifejezett mennyiségének legnagyobb értékével b) A szétosztályozódási osztály szálerősítésű vagy könnyű adalékanyagos beton esetén nem érvényes		

3. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETON KONZISZTENCIÁJÁNAK MÉRÉSE

3.1. Roskadási terülés és t_{500} terülési idő mérése

A roskadási terülés az öntömörödő beton térkitöltő képességéről, a t_{500} terülési idő – amely a terülés sebességének a jellemzője – az öntömörödő beton viszkozitásáról ad tájékoztatást. A roskadási terülés elsősorban a friss öntömörödő beton viszkozitásának függvénye, kisebb viszkozitáshoz nagyobb terülési mérték tartozik. A viszkozitás a beton folyásához szükséges legkisebb nyírófeszültség, amely főképp a finom részek betonban való diszperzitásának mértékétől függ, és leghatékonyabban folyósító adalékszerrel csökkenthető. A roskadási terülés vizsgálatával be lehet állítani az öntömörödő beton optimális folyósítószer adagolását, és meg lehet határozni szétosztályozódási hajlamát.

A roskadási terülést és a t_{500} terülési időt az MSZ EN 12350-8:2010 szabvány szerint kell vizsgálni. A vizsgálható öntömörödő beton adalékanyagának megengedett legnagyobb szemnagysága $D_{max} \leq 40$ mm.

A roskadási terülés vizsgálat eszköze az MSZ EN 12350-2:2000 szerinti, nedves ruhával kitörült, tiszta *Abrams*-féle Ø200/Ø100·300 mm méretű roskadás mérő kúp (tulajdonképpen csonkakúp) és a legalább 900·900 mm élhosszúságú, tiszta, rozsdamentes, nedves ruhával nedvesített, de nem vizes, vízszintes helyzetű (az élek esése nem szabad, hogy 3 mm-nél több legyen) terülés mérő asztal. A terülés mérő asztal felületének közepére (210 ± 1) mm és (500 ± 1) mm átmérőjű, legfeljebb 2,0 mm széles és 1,0 mm mély köröket kell karcolni.

A vizsgálat során az *Abrams*-féle roskadás mérő kúpot *álló helyzetben, nagyobb nyílásával lefelé,* a nyugalomban lévő (rezgés stb. mentes) terülés mérő asztalra, a 210 mm átmérőjű kör közepére kell helyezni, és úgy kell lazán, tömörítés nélkül öntömörödő betonnal megtölteni, hogy a terülés mérő asztalra beton ne kerüljön. Ennek érdekében célszerű a kúpra peremes feltétet helyezni. A kúp folyamatos megtöltése után legfeljebb 30 s múlva, a beton érintése nélkül, a kúpot 1-3 s alatt függőlegesen fel kell emelni. Abban a pillanatban, amikor a kúp a terülő asztalról elemelkedik, meg kell indítani a stopper órát, és 0,1 s pontossággal meg kell mérni az időtartamot, amely eltelik, amíg a szétterülő öntömörödő betonlepény először el nem éri az asztalra karcolt 500 mm átmérőjű kört (t_{500}). Miután a betonlepény nyugalomba került, meg kell mérni a lepény legnagyobb és az arra merőleges átmérőjét, 10 mm-re felkerekítve. Ha a két átmérő között az eltérés 50 mm, akkor a mérést egy új mintán meg kell ismételni. A roskadási terülés *SF* mértékét a betonlepény két egymásra merőleges átmérője átlagának 10 mm-re felkerekített értéke adja. A terülés során azt is meg kell figyelni, hogy az öntömörödő beton nem osztályozódott-e szét. Érdemes az öntömörödő beton hőmérsékletét a vizsgálat időpontjában megmérni és feljegyezni.

A módszert a német „DAfStb-Sachstandsbericht SVB, Heft 516." (2001) 5.3.3.1. szakasza és a „DAfStb-Richtlinie SVB" (2003) műszaki irányelv M melléklete is leírta, az MSZ EN 12350-8:2010 európai szabványhoz képest azzal a jelentéktelen különbséggel, hogy a terülés mérő asztal mérete legalább 800·800 mm volt. Jelentősebb különbség volt, hogy akkoriban az *Abrams*-féle roskadás mérő kúpot egy országon belül is hol nagyobb nyílásával („DAfStb-Sachstandsbericht SVB, Heft 516."), hol kisebb nyílásával („DAfStb-Richtlinie SVB") lefelé kellett a terülés mérő asztalra helyezni.

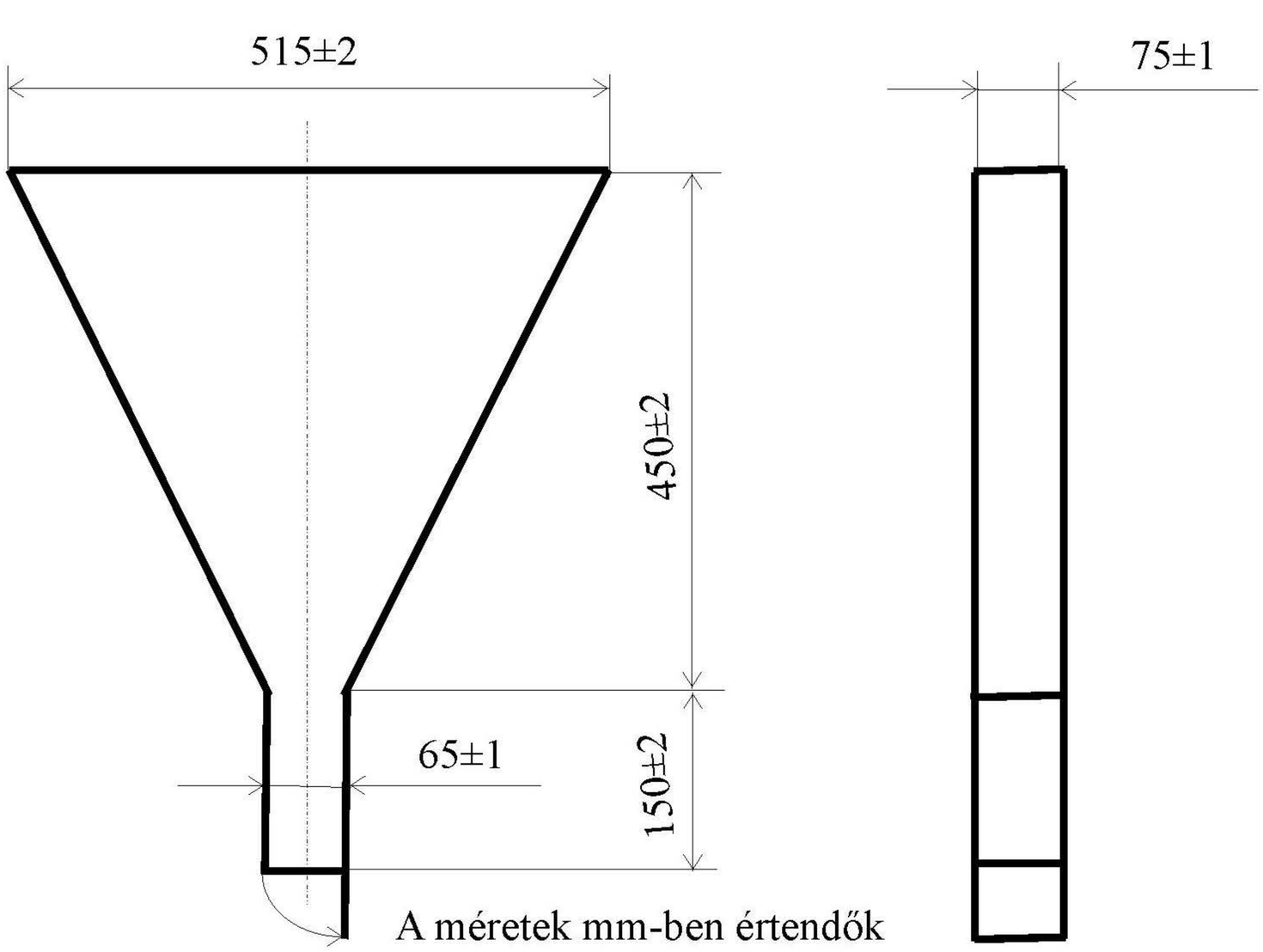
3.2. Tölcséres kifolyási idő mérése

Nevezik V-tölcséres kifolyási vizsgálatnak is.

A tölcséres kifolyási idő az öntömörödő beton viszkozitásával és térkitöltő képességével áll összefüggésben. A tölcséres kifolyási időt elsősorban a víz/(száraz anyag tartalom) tényező és a száraz anyag tartalom szemmegoszlása befolyásolja. Minél nagyobb a víz/(száraz anyag tartalom) tényező, annál kisebb az öntömörödő beton tölcséres kifolyási ideje és viszkozitása.

A tölcséres kifolyási időt az MSZ EN 12350-9:2010 szabvány szerint kell meghatározni. A tölcséres kifolyással jellemezhető öntömörödő beton adalékanyagának legnagyobb szemnagysága $D_{max} \leq 22{,}4$ mm, Magyarországon ≤ 24 mm.

A mérés eszköze a trapéz oldalnézetű, (75±1) mm belső szélességű, (515±2) mm felső, (65±1) mm alsó nyílású, (450±2) mm magas, (150±2) mm hosszú kifolyó toldattal ellátott „síktölcsér”. A kifolyó toldat alján jól záró, könnyen elfordítható zárszerkezet található (*1. ábra*). A tölcsér fémből készül, a cementpép nem támadja meg, nem rozsdásodik.



1. ábra: MSZ EN 12350-9:2010 szabvány szerinti kifolyási tölcsér és a kifolyási mérése

Az öntömörödő beton minta térfogata legalább 12 liter. A bezárt zárszerkezetű, tiszta, benedvesített, de nem vizes tölcsért lazán meg kell tölteni öntömörödő betonnal. A tölcsérbe töltött öntömörödő betont tömöríteni nem szabad. (10 ± 2) s várakozás után gyors mozdulattal ki kell nyitni a tölcsér alján a zárat, meg kell indítani a stopper órát, és meg kell mérni az öntömörödő beton minta t_v kifolyási idejét, a következő 0,5 s-ra kerekítve. Az öntömörödő beton a tölcsérből folyamatosan kell, hogy kifolyjon, ha a folyás elakad, akkor a vizsgálatot új mintával meg kell ismételni. Célszerű az öntömörödő beton hőmérsékletét a vizsgálat időpontjában megmérni és feljegyezni.

A tölcséres kifolyási idő mérését a német „DAfStb-Sachstandsbericht SVB, Heft 516.” (2001) 5.3.3.5. szakasza és a „DAfStb-Richtlinie SVB” (2003) műszaki irányelv M melléklete is leírta. A „DAfStb-Richtlinie SVB” (2003) műszaki irányelv M mellékletében szereplő kifolyási tölcsér mérete megegyezett, de a „DAfStb-Sachstandsbericht SVB, Heft 516.” (2001) 5.3.3.5. szakasza szerinti tölcsér mérete eltért az MSZ EN 12350-8:2010 európai szabvány előírásától.

Olykor az öntömörödő beton konzisztenciáját a 12/(tölcséres kifolyási idő) hányadossal, tölcséres kifolyási sebességként, liter/másodperc mértékegységben fejezik ki.

Lásd még: http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/ontomorodo/tolcseres.mp4

3.3. L-szekrényes kifolyás vizsgálata

Nevezik L-dobozos vizsgálatnak is. A vizsgálatot Svédországban fejlesztették ki (*Billberg* 1999).

Az L-szekrényes kifolyással az öntömörödő betonnak az a tulajdonsága jellemezhető, hogy az acélbetétek közötti szűk nyíláson szétosztályozódás és elakadás nélkül képes átfolyni.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány szerint kell elvégezni. A vizsgálható öntömörödő beton legnagyobb szemnagyságára nincs korlát előírva. A vizsgálatnak két változata szabványos, az egyik esetben két, a másik esetben három acélpálcát kell elhelyezni az L-szekrény vízszintes szárába (ez egy fedetlen vályú), a felső sarokponttól (70 ± 2) mm távolságra. A három acélpálcát a sűrűbben vasalt vasbetonok esetén kell alkalmazni. Az acélpálcák felülete sima, átmérője 14 mm.

A vizsgálat előtt a tiszta és benedvesített, de nem vizes L-szekrényt gondosan vízszintesre kell állítani, a kifolyónyílást a zárószerkezettel be kell zárni..

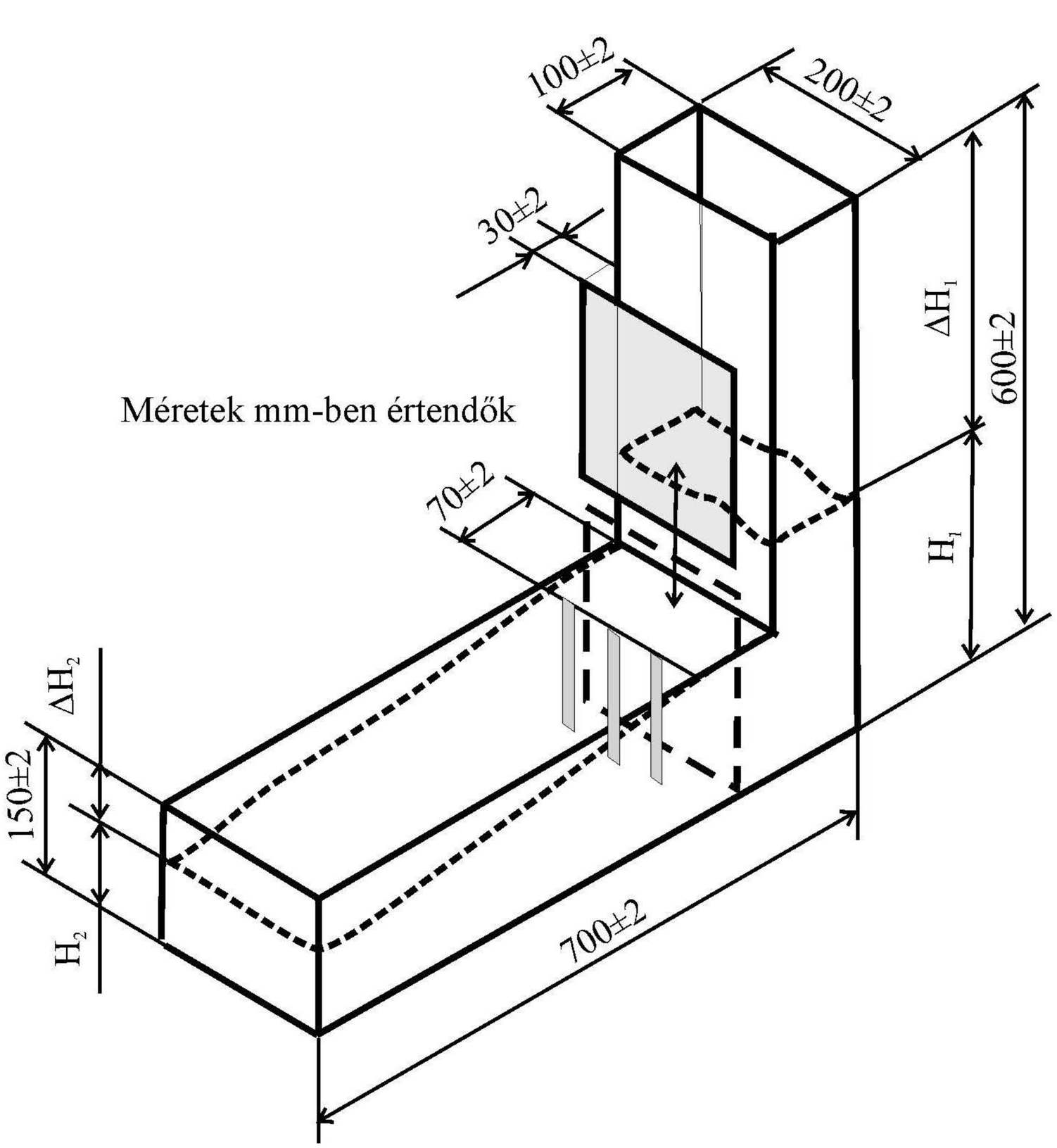
A vizsgálat során az L-szekrény (200 ± 2)·(100 ± 2) mm keresztmetszetű és (600 ± 2) mm magas függőleges szárát tömörítés nélkül meg kell tölteni öntömörödő betonnal, és a beton felszínét le kell húzni. A vizsgálati adag térfogata legalább 14 liter.

Az öntömörödő beton L-szekrénybe töltése után (60 ± 10) másodpercet kell várni, majd a (200 ± 2) mm széles és (600 ± 2) mm hosszú (a függőleges szár alatti résszel együtt 700 mm hosszú), (150 ± 2) mm magas vízszintes szárban (vályúban), a felső sarokponttól (30 ± 2) mm távolságra lévő, 150 mm magas zárószerkezetet fel kell húzni. Az öntömörödő beton a zárószerkezet eltávolítása után a hidrosztatikus nyomás hatására, az acélpálcákból álló fékező rácson keresztül, a vízszintes szárba folyik. Ezután meg kell mérni a függőleges szárban az öntömörödő beton ΔH_{1i} magasságcsökkenését, a vízszintes szár végén pedig az öntömörödő beton feletti ΔH_{2i} magasságot, a következő 1 mm-re kerekítve, három-három helyen. Ezek átlaga adja a ΔH_1 és a ΔH_2 mérési eredményt (*2. ábra*).

A vizsgálati eredményt, azaz az L-szekrényes átfolyási képességet a 0,01 pontossággal kiszámított következő hányados adja:

$$PL = \frac{H_2}{H_1} = \frac{150 - \Delta H_2}{600 - \Delta H_1}$$

A vizsgálat során meg kell figyelni, hogy a vízszintes vályúban lévő beton nem osztályozódott-e szét.



2. ábra: MSZ EN 12350-10:2010 szabvány szerinti L-szekrény

A „DAfStb-Sachstandsbericht SVB, Heft 516." (2001) 5.3.3.4. szakaszában ismertetett L-szekrény méretei megegyeztek, a vizsgálat lényegében megegyezett az EN 12350-10:2010 szabványban leírtakkal. Az L-szekrényes kifolyást a „DAfStb-Richtlinie SVB" (2003) műszaki irányelv nem tárgyalta.

A nemzetközi irodalomban azonban az EN 12350-10:2010 szabvány megjelenése előtt más méretű L-szekrényről és más vizsgálati eredmény értékelésről is olvasni lehetett. Például a *Krüger* (1999) által bemutatott L-szekrény függőleges szárának keresztmetszete nem 200·100 mm, hanem 200·80 mm, magassága nem 600 mm, hanem 400 mm, a vízszintes szár nem 150 mm, hanem 160 mm magas volt. Meg kellett mérni a függőleges szárban a magasságcsökkenést, a vízszintes szárban a folyási távolságot, és azt az időt, amelyre a betonáramnak a vízszintes szárban kijelölt 50 mm-es távolságok megtételéhez szüksége volt. *Krüger* szerint a magasságcsökkenés és a folyási távolság a területtel, a folyási idő, illetve a hozzá tartozó sebesség a viszkozitással áll összefüggésben.

3.4. Fékező gyűrűs terülés vizsgálat

Nevezik blokkoló gyűrűs vizsgálatnak is. A fékező gyűrűs vizsgálat a beton azon beépítési körülményeit modellezi, amelynek során a szétterülő öntömörödő beton szétosztályozódás és „árnyék hatás" nélkül akadályokat kell, hogy legyőzzön, mint például az acélszerelést (vasszerelést) a vasbetonban. A fékező gyűrűs terülés vizsgálat az L-szekrényes kifolyás vizsgálat alternatívája.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerint kell elvégezni. A vizsgálható öntömörödő beton adalékanyagának megengedett legnagyobb szemnagysága $D_{max} \leq 40$ mm.

3.3. L-szekrényes kifolyás vizsgálata

Nevezik L-dobozos vizsgálatnak is. A vizsgálatot Svédországban fejlesztették ki (*Billberg* 1999).

Az L-szekrényes kifolyással az öntömörödő betonnak az a tulajdonsága jellemezhető, hogy az acélbetétek közötti szűk nyíláson szétosztályozódás és elakadás nélkül képes átfolyni.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány szerint kell elvégezni. A vizsgálható öntömörödő beton legnagyobb szemnagyságára nincs korlát előírva. A vizsgálatnak két változata szabványos, az egyik esetben két, a másik esetben három acélpálcát kell elhelyezni az L-szekrény vízszintes szárába (ez egy fedetlen vályú), a felső sarokponttól (70 ± 2) mm távolságra. A három acélpálcát a sűrűbben vasalt vasbetonok esetén kell alkalmazni. Az acélpálcák felülete sima, átmérője 14 mm.

A vizsgálat előtt a tiszta és benedvesített, de nem vizes L-szekrényt gondosan vízszintesre kell állítani, a kifolyónyílást a zárószerkezettel be kell zárni..

A vizsgálat során az L-szekrény (200 ± 2)·(100 ± 2) mm keresztmetszetű és (600 ± 2) mm magas függőleges szárát tömörítés nélkül meg kell tölteni öntömörödő betonnal, és a beton felszínét le kell húzni. A vizsgálati adag térfogata legalább 14 liter.

Az öntömörödő beton L-szekrénybe töltése után (60 ± 10) másodpercet kell várni, majd a (200 ± 2) mm széles és (600 ± 2) mm hosszú (a függőleges szár alatti résszel együtt 700 mm hosszú), (150 ± 2) mm magas vízszintes szárban (vályúban), a felső sarokponttól (30 ± 2) mm távolságra lévő, 150 mm magas zárószerkezetet fel kell húzni. Az öntömörödő beton a zárószerkezet eltávolítása után a hidrosztatikus nyomás hatására, az acélpálcákból álló fékező rácson keresztül, a vízszintes szárba folyik. Ezután meg kell mérni a függőleges szárban az öntömörödő beton ΔH_{1i} magasságcsökkenését, a vízszintes szár végén pedig az öntömörödő beton feletti ΔH_{2i} magasságot, a következő 1 mm-re kerekítve, három-három helyen. Ezek átlaga adja a ΔH_1 és a ΔH_2 mérési eredményt (*2. ábra*).

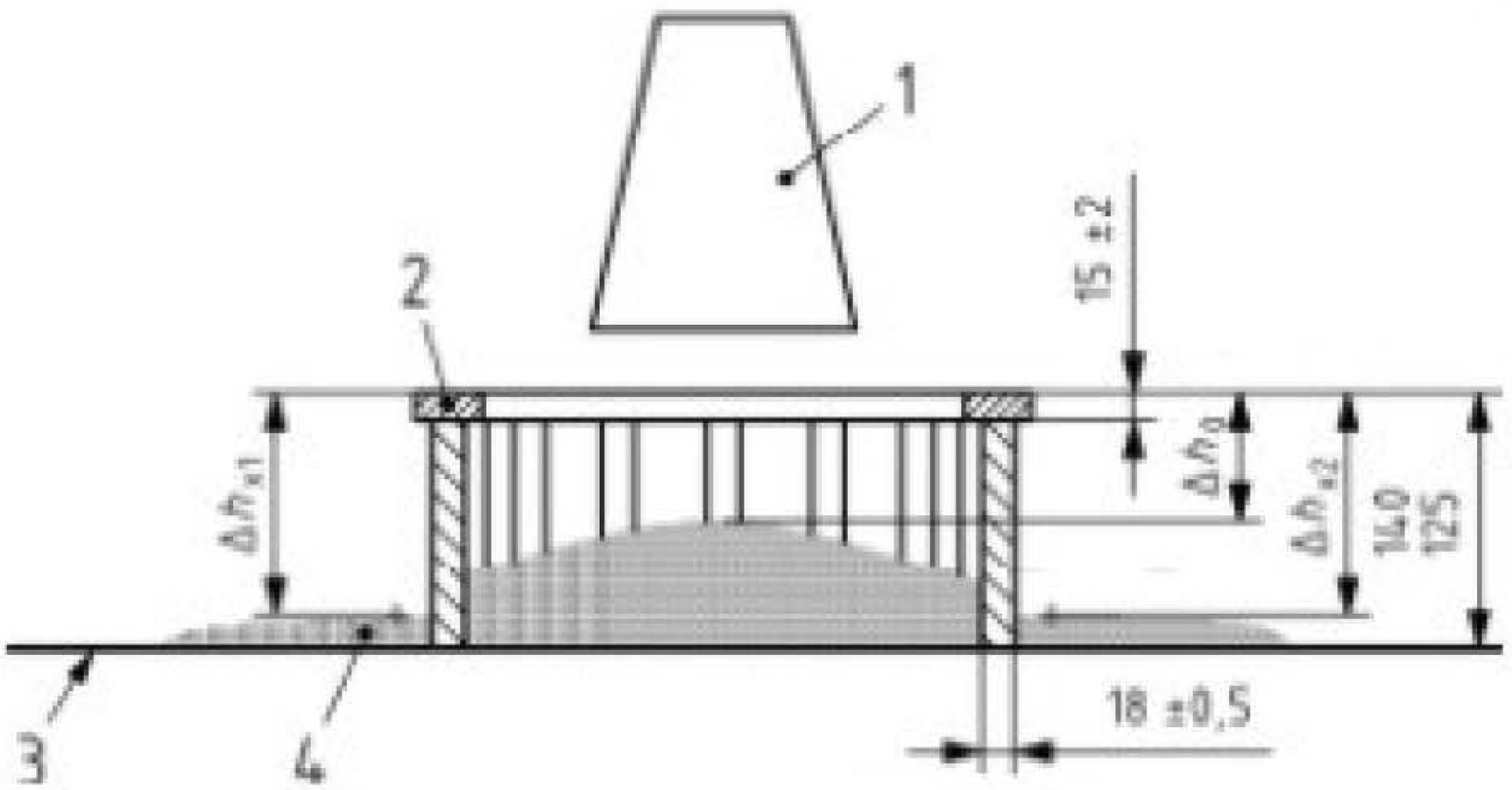
A vizsgálati eredményt, azaz az L-szekrényes átfolyási képességet a 0,01 pontossággal kiszámított következő hányados adja:

$$PL = \frac{H_2}{H_1} = \frac{150 - \Delta H_2}{600 - \Delta H_1}$$

A vizsgálat során meg kell figyelni, hogy a vízszintes vályúban lévő beton nem osztályozódott-e szét.

Az irodalom szerint (*Kordts – Breit* 2003), ha a fékező gyűrű nélküli roskadási terülés mértéke (*SF*) és a fékező gyűrűs terülés mértéke (SF_J) közötti eltérés kisebb, mint 50 mm, akkor az öntömörödő beton nem hajlamos a blokkolódásra.

Ezt követően a fékező gyűrűre pálcát fektetve meg kell mérni 1 mm pontossággal a pálca és a szétterült betonlepény közötti magasság különbséget a fékező gyűrűn belül középen (Δh_0) és kívül, egymásra merőleges két-két helyen (Δh_{x1}, Δh_{x2}, Δh_{y1}, Δh_{y2}), ahogy az a *4. ábrán* látható.



4. ábra: Fékező gyűrűs átfolyási képesség (*PJ*) meghatározása.
1. *Abrams*-féle kúp, 2. Fékező gyűrű, 3. Terülés mérő asztal,
4. Öntömörödő beton

A *fékező gyűrűs átfolyási képesség* (*PJ*), vagy nevezhetjük fékező gyűrűs magasság különbségnek is, a szétterülő betonlepény belső és külső magasságának különbsége mm-ben, 1 mm pontosan kifejezve:

$$PJ = \frac{\left(\Delta h_{x1} + \Delta h_{x2} + \Delta h_{y1} + \Delta h_{y2}\right)}{4} - \Delta h_0$$

A szabványos (MSZ EN 206-9:2010) öntömörödő beton (*PJ*) fékező gyűrűs átfolyási képessége (fékező gyűrűs magasság különbsége) mind 12 fékező pálca (*PJ1*), mind 16 fékező pálca (*PJ2*) esetén legfeljebb 10 mm.

A vizsgálat során meg kell figyelni, hogy a szétterült öntömörödő beton nem osztályozódott-e szét és a fékező gyűrűnél „árnyék hatás" nem jelentkezett-e, és fel kell jegyezni a beton hőmérsékletét is.

A fékező gyűrűs terülés vizsgálatot a „DAfStb-Sachstandsbericht SVB, Heft 516." (2001) 5.3.3.7. szakasza és a „DAfStb-Richtlinie SVB" műszaki irányelv M melléklete is leírta.

Lásd még: http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/ontomorodo/gyurus.mp4

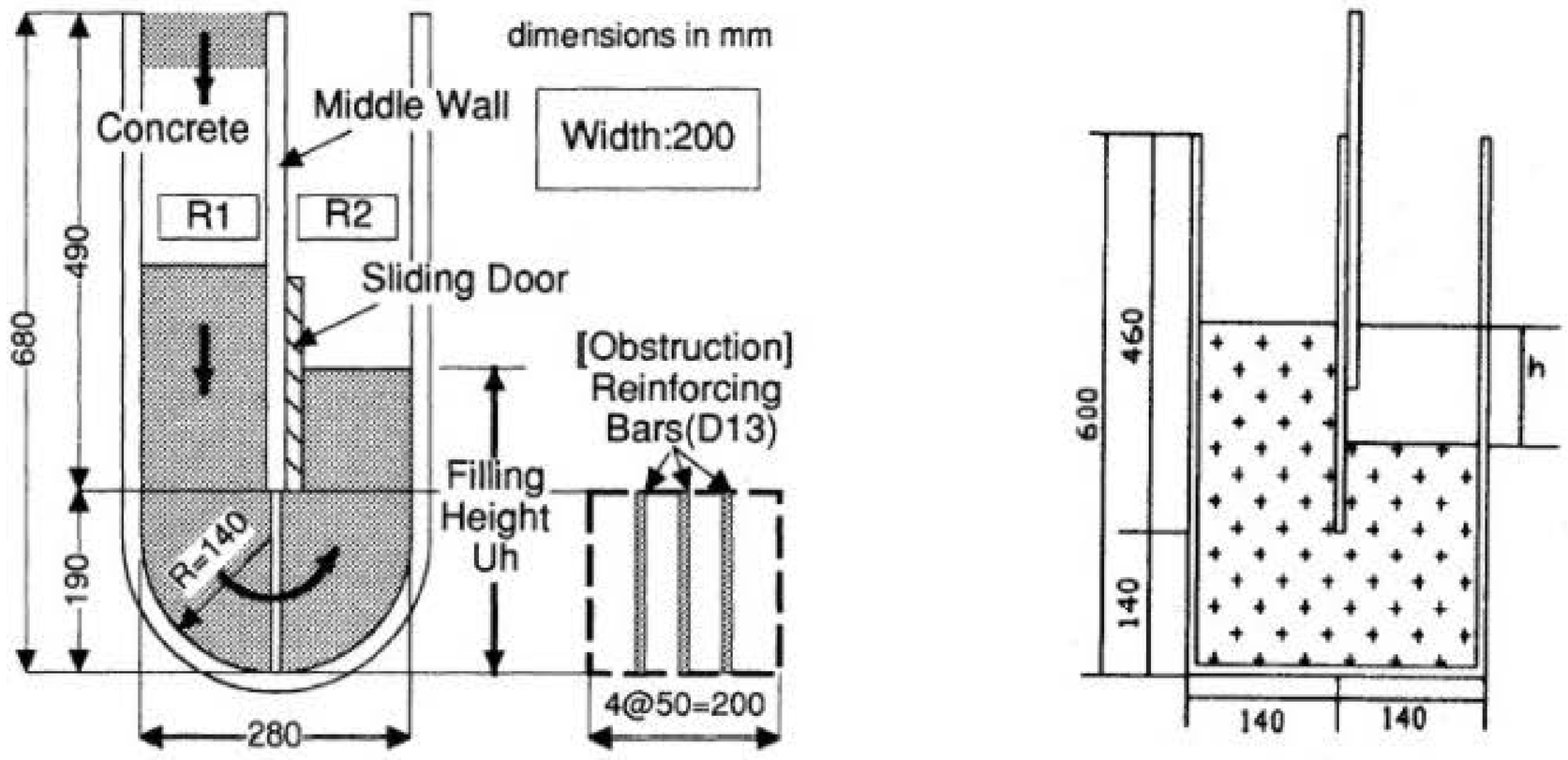
3.5. Fékező rácsos vizsgálat U-alakú edényekben

A vizsgálatot az európai szabványrendszerben nem szabványosították.

A vizsgálathoz általában kétféle alakú edényt használnak. Az edény alul egymással közlekedő két szárának keresztmetszete lehet 140 mm átmérőjű kör, vagy lehet 140 mm élhosszúságú négyzet. A cső alakú edény alul íves, a négyzet alakú szögletes. A cső alakú edény két szára alul 190 mm hosszban, a négyzet alakú edény 140 mm hosszban egy retesz felhúzásával összenyitható. A nyílásba három, 13 mm átmérőjű acélpálcából álló fékező rács van elhelyezve.

A cső alakú edény egyik szárát 680 mm magasságig, a négyzet alakú edényét 600 mm magasságig meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd a reteszt fel kell húzni, miáltal a beton a fékező rácson keresztül átfolyik az edény másik szárába (*3. ábra*). Követelmény, hogy a cső alakú edény szárában az átfolyt beton legalább 300 mm magasra emelkedjék, míg a négyzet alakú edény esetén az edény két szárában lévő beton szintkülönbségét kell megmérni. Különböző szerzőknél (*Krüger,* 1999; *Kordts – Breit*, 2003; *Zsigovics*, 2003) az itt megadott méretek egymástól valamelyest eltérnek.

E módszerekkel az öntömörödő beton bedolgozhatósága vizsgálható.



3. ábra: Fékező rácsos vizsgálat U-alakú edényekben. Az ábra forrása: *Krüger*, 1999.

3.6. Ülepedési hajlam vizsgálata szitán

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-11:2010 szabvány szerint kell végezni.

A vizsgálat eszközei: a legalább 200 mm belső átmérőjű, (11 ± 0,5) liter térfogatú, vizet nem szívó anyagból készült, fedővel rendelkező kiöntő edény, amelynek belső falát a 10 liter térfogatnak megfelelő magassági jellel kell ellátni; 5 mm lyukbőségű, négyzetes szita, amelynek átmérője legalább 300 mm és keretének magassága legalább 30 mm; a szita alá helyezhető szita-tartó keret, amely megkönnyíti a szita mozgatását; a legalább 10 kg tömegű öntömörödő beton befogadására és tömegének 0,01 kg pontosságú meghatározására alkalmas felfogó edény, amelyre a szita-tartó keret ráhelyezhető.

A vizsgálat során az 1,0 °C pontosan megmért hőmérsékletű friss öntömörödő betonból (10 ± 0,5) litert a 11 literes kiöntő edénybe kell tölteni, és a párolgást megakadályozó fedővel be kell fedni. A kiöntő edénybe töltött betont vízszintes helyzetben, nyugalmi állapotban (15 ± 0,5) percen át pihentetni kell. A várakozási idő után a fedőt le kell emelni, meg kell vizsgálni és fel kell jegyezni, hogy az öntömörödő beton felületén víz kivált-e. Le kell mérni a felfogó edény tömegét (m_p) 1,0 g pontossággal. A szita-tartó keretet a ráhelyezett szitával együtt rá kell helyezni a felfogó edényre, és a mérlegre kell tenni,. A pihentetési idő leteltével a kiöntő

edényben lévő beton felső szintjét a szitasík felett (500 ± 50) mm magasan tartva, a kiöntő edényből (4,8 ± 0,2) kg betont – az esetlegesen kivált vízzel együtt – megszakítás nélkül, folyamatosan a szita közepére kell önteni. A kiöntő edényből a szitára öntött beton tömegét (m_c) 1,0 gramm pontosan meg kell határozni. A betont (120 ± 5) másodpercen át a szitán kell hagyni, majd a szitát a szita-tartó kerettel együtt függőlegesen fel kell emelni a felfogó edényről. A felfogó edényt a szitán átfolyt anyaggal együtt (m_{ps}) 1,0 gramm pontosan meg kell mérni.

A vizsgálati eredmény a szitán átfolyt öntömörödő beton tömeg%-a (*SR*), 1,0 tömeg% pontossággal:

$$SR = \frac{(m_{ps} - m_p) \cdot 100}{m_c}$$

Thienel és *Kustermann* (2010) szerint az öntömörödő beton, amely *SR1* osztályba sorolható ($SR \leq 20$ tömeg%), általában vékony lemezek készítésére alkalmas, ha a folyási távolság legfeljebb 5 m és az átfolyási nyílás legalább 80 mm. Ennél nehezebb körülmények között *SR2* osztályú ($SR \leq 15$ tömeg%) öntömörödő betont célszerű alkalmazni.

3.7. Ülepedési hajlam vizsgálata merülőrúddal

A vizsgálatot az európai szabványrendszerben nem szabványosították.

A módszerrel a durva szemek ülepedési hajlamát az öntömörödő betonban merülőrúddal vizsgálják. Az acél merülőrúd hossza 750 mm, átmérője 14 mm, tömege 900 g, a vége legömbölyített, és a merülését megvezetik. A vizsgáló edény átmérője 150 mm, magassága 600 mm, és a merülőrúd bevezetésére felszerkezettel rendelkezik. A vizsgálat során a merülőrúd a beton felszínéről önsúlyánál fogva merül a betonba. A mérést több helyen és különböző időpontokban végzik el. A vizsgálat időtartama egy-két óra, a méréseket 15-20 percenként hajtják végre, mindig más helyen. A mérés eredménye a merülési mélység, amelyet az idő függvényében jegyeznek fel és ábrázolnak. Ha az öntömörödő beton ülepedésre hajlamos, akkor a merülési mélység az idő függvényében számottevően csökken, ha nem hajlamos, akkor a beton kötésének kezdetéig alig változik (*Thienel* - *Kustermann* 2010).

3.8. Átmosási vizsgálat

A vizsgálatot az európai szabványrendszerben nem szabványosították.

Az átmosási vizsgálat a friss öntömörödő beton stabilitásának megítélésére való eljárás. A betont egy 150 mm átmérőjű, 450-500 mm magas edénybe kell tölteni. Az edény harmadaiban nyílások vannak, amelyekbe a beton dermedése után elválasztólemezeket tolnak. Az így három részre választott friss betont a legnagyobb szemnagyság fele nyílású szitán átmossák, a szitán fennmaradó részt kiszárítják és megmérik (*Thienel* - *Kustermann* 2010). A „DAfStb-Richtlinie SVB" N melléklete szerint az öntömörödő betont akkor tekintik szétosztályozódástól mentesnek, ha a három beton részhalmaz szitamaradékának tömege az elméleti értéktől legfeljebb 15 tömeg%-kal tér el.

3.9. Szétosztályozódási vizsgálat szemrevételezéssel

A vizsgálatot az európai szabványrendszerben nem szabványosították.

A „DAfStb-Richtlinie SVB" N1. melléklete szerint a 45 °-os szögben tartott műanyag csőbe öntött és abban megszilárdult, 100 mm átmérőjű, 500 mm hosszú öntömörödő beton próbahengert hosszirányban kettévágják, és a szétosztályozódás mértékét a vágott felületen szemrevételezéssel meghatározzák. A beton stabilitásáról 150 mm átmérőjű, 300 mm hosszú próbahenger hasító vizsgálatával, vagy rugalmassági modulusának meghatározásával is tájékozódni lehet.

3.10. Viszkozitásmérés rheometerrel

A vizsgálatot az európai szabványrendszerben nem szabványosították.

A rheometerek több típusa alkalmas az öntömörödő betonok viszkozitásának meghatározására. A kísérletek szerint azok a friss öntömörödő betonok tartják meg stabilitásukat, amelyek folyási határértéke 500 Pa-nál kisebb, és dinamikai viszkozitása 100 - 200 Pa·s közé esik, de végeztek más berendezéssel is kísérleteket, amelyekkel ezeknél lényegesen kisebb értékeket mértek, a folyási határértékre 50 Pa-nál kisebb, a dinamikai viszkozitásra 20-80 Pa·s értéket kaptak, tehát az eredmény műszer függő (*Krüger* 1999).

4. NÉMET SZÓSZEDET

Átmosási vizsgálat	Auswaschversuch
Egyes adag	Einzelne Charge
Fékező gyűrűs vizsgálat	Blockierring-Prüfung
Fékező rácsos vizsgálat U-alakú csőben	U-Rohr Prüfung
Fékező rácsos vizsgálat négyzetes U-alakú edényben	U-förmiger Box Prüfung
Folyási határérték	Fließgrenze
Folyási képesség	Fließfähigkeit
Helyszíni minta	Ort Probe
Kifolyási idő	Fließzeit
Konzisztencia	Konsistenz
L-szekrényes vizsgálat	L-Kasten-Versuch
Önterülő beton	Selbstausbreitender Beton (SAB)
Öntömörödő beton	Selbstverdichtender Beton (SVB)
Roskadási terülés	Setzfließ
Szétosztályozódási vizsgálat szemrevételezéssel	Augenscheinliche Begutachtung der Stabilität
Terülés mérés fékező gyűrűvel	Setzfließmaßprüfung mit Blockierring
Terülés mérés fordított roskadás mérő kúppal	Setzfließmaßprüfung mit umgedrehtem Setztrichter
Tölcséres kifolyási idő	Trichterauslaufzeit
Ülepedési hajlam vizsgálat	Tauchstabversuch

5. ANGOL SZÓSZEDET

Átmosási vizsgálat	Wash test
Egyes adag	Individual batch
Fedő	Cover
Felfogó edény	Balance
Fékező gyűrűs vizsgálat	Slump flow test with J-ring
Fékező rácsos vizsgálat U-alakú csőben	U-box test
Fékező rácsos vizsgálat négyzetes U-alakú edényben	U-box test

Folyási határérték	Yield value
Folyási képesség	Flowability
Helyszíni minta	Spot sample
Kifolyási idő	Flow time
Kiöntő edény	Sample container
Konzisztencia	Consistency
L-szekrényes vizsgálat	L-flow test, L-boksz ratio test
Önterülő beton	Self leveling concrete (SLC)
Öntömörödő beton	Self compacting concrete (SCC)
Roskadási terülés	Slump-flow (SF)
Szétosztályozódási vizsgálat szemrevételezéssel	Visual examination of the stability
Szita-tartó keret	Size receiver
Terülés mérés fékező gyűrűvel	Slump flow test with J-ring
Terülés mérés fordított roskadás mérő kúppal	Slump flow test with inverted slump cone
Terülési idő	Viskosity – t_{500}
Tölcséres kifolyási idő	V-funnel flow time
Ülepedési hajlam vizsgálat	Plunger method

6. HIVATKOZÁSOK

MSZ 4719:1982	Betonok
MSZ EN 206-1:2002	Beton. Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 206-9:2010	Beton. 9. rész: Kiegészítő szabályok öntömörödő betonhoz
DAfStb-Richtlinie, Heft 516.:	Sachstandsbericht. Selbstverdichtender Beton (SVB). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2001.
DAfStb-Richtlinie:	Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie 2003-11). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Berlin, 2003.
Billberg, P.:	Self-compacting concrete for civil engineering – the Swedish experience. Swedish Cement and Concrete Research Institute. CBI reports 1999, 2.
Kordts, S. – Breit, W.:	Beurteilung der Frischbetoneigenschaften von selbstverdichtendem Beton. Betontechnische Berichte von 1998-2003. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf, 2003. pp. 113-123.
Krüger, M.:	Prüfmethoden zur Untersuchung der Verarbeitbarkeit von selbstverdichtenden Betonen. Werkstoffe und Werkstoffprüfung im Bauwesen. Festschrift zum 60. Geburtstag von H.-W. Reinhardt. (Ed. C. Grosse) Hamburg: Libri, 1999, pp. 177-191.

Thienel, K.-Ch. – Kustermann, A.: Sonderbetone. Selbstverdichtender Beton. Institut für Werkstoffe des Bauwesens, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen. Bundeswehr Universität München, 2010.

Zsigovics I.: Öntömörödő beton, a betontechnológia legújabb forradalma. 1. Fogalmak és vizsgálati módok. Vasbetonépítés, V. évfolyam. 2003. 1. szám, pp. 17-24.

XA4(H) - XA6(H) környezeti osztályú korrózióálló betonok péptartalmának számítása

Forrás:

https://www.betonopus.hu/notesz/xa4-xa6-peptartalom.xlsx
https://www.betonopus.hu/notesz/xa4-xa6-peptartalom.pdf

XA4(H)

	kg/m^3	kg/liter	kg/liter			liter/m^3	
x_{ekv}	$Mc_{hatékony}$	ρ_{cement}	$\rho_{kiegészítő}$	α_{add}	k-érték	$V_{pép}$	
					XA4(H)		
0,45	320	3,1	2,5	0,14	1,0	250,3	CEM I-SR + (14-18)% Mk
0,45	320	3,0	2,5	0,09	1,0	252,4	CEM II/A-S-MSR + (9-11)% Mk
0,45	320	2,9	2,5	0,09	1,0	255,8	CEM II/A-V-MSR + (9-11)% Mk
0,45	320	3,0	2,5	0,05	1,0	251,7	CEM II/B-S-MSR + (5-7)% Mk
0,45	320	2,9	2,5	0,05	1,0	255,2	CEM II/B-V-MSR + (5-7)% Mk
0,45	320	3,1	2,2	0,09	2,0	242,6	CEM I-SR + (9-11)% D 1. oszt. k = 2
0,45	320	3,1	2,2	0,09	1,0	250,7	CEM I-SR + (9-11)% D 2. oszt. k = 1
0,45	320	3,0	2,2	0,09	2,0	245,5	CEM II/A-S-MSR + (9-11)% D 1. oszt. k = 2
0,45	320	3,0	2,2	0,09	1,0	253,9	CEM II/A-S-MSR + (9-11)% D 2. oszt. k = 1
0,45	320	2,9	2,2	0,09	2,0	248,6	CEM II/A-V-MSR + (9-11)% D 1. oszt. k = 2
0,45	320	2,9	2,2	0,09	1,0	257,2	CEM II/A-V-MSR + (9-11)% D 2. oszt. k = 1
0,45	320	3,0	2,2	0,05	2,0	247,6	CEM II/B-S-MSR + (5-7)% D 1. oszt. k = 2
0,45	320	3,0	2,2	0,05	1,0	252,5	CEM II/B-S-MSR + (5-7)% D 2. oszt. k = 1
0,45	320	2,9	2,2	0,05	2,0	250,9	CEM II/B-V-MSR + (5-7)% D 1. oszt. k = 2
0,45	320	2,9	2,2	0,05	1,0	256,0	CEM II/B-V-MSR + (5-7)% D 2. oszt. k = 1
0,45	320	3,0	–	–	–	250,7	CEM III/A-MSR
0,45	320	3,0	–	–	–	250,7	CEM III/B-SR
0,45	320	3,1	2,9	0,50	0,6	265,8	CEM I-SR + (50-55)% S

XA4(H)

liter/m^3	kg/m^3	kg/m^3	kg/m^3	kg/m^3	M_{kieg}/M_{cem}%
$V_{pép}$	M_{cement}	$M_{kiegészitőanyag}$	$M_c + M_{kieg\ tényl.}$	M_{viz}	$\alpha_{add\ tényl}$
Ellenőrzés	tényleges	tényleges			
250,3	280,7	39,3	320,0	144,0	14,0
252,4	293,6	26,4	320,0	144,0	9,0
255,8	293,6	26,4	320,0	144,0	9,0
251,7	304,8	15,2	320,0	144,0	5,0
255,2	304,8	15,2	320,0	144,0	5,0
242,6	271,2	24,4	295,6	144,0	9,0
250,7	293,6	26,4	320,0	144,0	9,0
245,5	271,2	24,4	295,6	144,0	9,0
253,9	293,6	26,4	320,0	144,0	9,0
248,6	271,2	24,4	295,6	144,0	9,0
257,2	293,6	26,4	320,0	144,0	9,0
247,6	290,9	14,5	305,5	144,0	5,0
252,5	304,8	15,2	320,0	144,0	5,0
250,9	290,9	14,5	305,5	144,0	5,0
256,0	304,8	15,2	320,0	144,0	5,0
250,7	320,0	–	320,0	144,0	–
250,7	320,0	–	320,0	144,0	–
265,8	246,2	123,1	369,2	144,0	50,0

					XA5(H)		
0,43	330	3,1	2,5	0,14	1,0	251,5	CEM I-SR + (14-18)% Mk
0,43	330	3,0	2,5	0,05	1,0	252,9	CEM II/B-S-MSR + (5-7)% Mk
0,43	330	2,9	2,5	0,05	1,0	256,6	CEM II/B-V-MSR + (5-7)% Mk
0,43	330	3,1	2,2	0,09	2,0	243,6	CEM I-SR + (9-11)% D 1. oszt. k = 2
0,43	330	3,1	2,2	0,09	1,0	251,9	CEM I-SR + (9-11)% D 2. oszt. k = 1
0,43	330	3,0	2,2	0,05	2,0	248,7	CEM II/B-S-MSR + (5-7)% D 1. oszt. k = 2
0,43	330	3,0	2,2	0,05	1,0	253,8	CEM II/B-S-MSR + (5-7)% D 2. oszt. k = 1
0,43	330	2,9	2,2	0,05	2,0	252,2	CEM II/B-V-MSR + (5-7)% D 1. oszt. k = 2
0,43	330	2,9	2,2	0,05	1,0	257,4	CEM II/B-V-MSR + (5-7)% D 2. oszt. k = 1
0,43	330	3,0	–	–	–	251,9	CEM III/B-SR
0,43	330	3,1	2,9	0,50	0,6	267,6	CEM I-SR + (50-55)% S
					XA6(H)		
0,40	345	3,1	2,5	0,14	1,0	252,6	CEM I-SR + (14-18)% Mk
0,40	345	3,1	2,2	0,09	2,0	244,3	CEM I-SR + (9-11)% D 1. oszt. k = 2
0,40	345	3,1	2,2	0,09	1,0	253,0	CEM I-SR + (9-11)% D 2. oszt. k = 1
0,40	345	3	–	–	–	253,0	CEM III/B-SR
0,40	345	3,1	2,9	0,50	0,6	269,4	CEM I-SR + (50-55)% S

			XA5(H)		
251,5	289,5	40,5	330,0	141,9	14,0
252,9	314,3	15,7	330,0	141,9	5,0
256,6	314,3	15,7	330,0	141,9	5,0
243,6	279,7	25,2	304,8	141,9	9,0
251,9	302,8	27,2	330,0	141,9	9,0
248,7	300,0	15,0	315,0	141,9	5,0
253,8	314,3	15,7	330,0	141,9	5,0
252,2	300,0	15,0	315,0	141,9	5,0
257,4	314,3	15,7	330,0	141,9	5,0
251,9	330,0	–	330,0	141,9	–
267,6	253,8	126,9	380,8	141,9	50,0
			XA6(H)		
252,6	302,6	42,4	345,0	138,0	14,0
244,3	292,4	26,3	318,7	138,0	9,0
253,0	316,5	28,5	345,0	138,0	9,0
253,0	345,0	–	330,0	138,0	–
269,4	265,4	132,7	398,1	138,0	50,0
$V_{pép}$	cement tényleg	kiegészítőa. tényleg	M_c +M_{kieg} tényl.	$M_{víz}$	α_{add} tényl
					M_{kieg}/M_{cem}%

$Mc_{hatékony}$ szorzója a G. oszlopban =	$x_{ekv}+1/((1+\alpha_{add}*k)*\rho_{cement})+1/(k*\rho_{kiegészitő})-1/$
	$/((1-\alpha_{add}*k)*k*\rho_{kiegészitő}))$
kódja a G. oszlop 5. sorában =	A5+1/((1+E5*F5)*C5)+1/(F5*D5)-1/((1-E5*F5)*F5*D5))
$M_{cement\ tényleges}$ =	$(1/(1+\alpha_{add}*k))*Mc_{hatékony}$
kódja az 5. sorban =	(1/(1+E5*F5))*B5
$M_{kiegészitő\ tényleges}$ =	$(M_{chatékony} - M_{cement\ tényleges})/k$
kódja az 5. sorban =	(B5 - M5)/F5
k-érték =	metakaolinra k = 1,0
	szilikaporra k = 2,0 vagy <u>k = 1,0</u>
	kohósalakra k = 0,6

Lisztfinomságú szemek (< 0,125 mm) saválló beton esetén a Materialprüfungsanstalt (MPA) Berlin-Brandenburg 2007 szerint kesebb legyen mint 370 kg/m^3.

Ha feltételezzük, hogy az 1900 kg/m^3 adalékanyagban a lisztfinomságú szemek mennyisége legfeljebb kb. 5 tömeg%, azaz kb. 95 kg/m^3, akkor a Materialprüfunganstallt-féle követelmény nem teljesül, de a DIN 1045-2:2014 szabványtervezet 5.3.2 szakasz (10) bekezdés szerinti ≤ 550 kg/m^3 követelménynek megfelel, bár lehet, hogy inkább az F.4.1 táblázat szerinti 425 kg/m^3 értéket kellene határértéknek tekinteni, aminek az értékeink éppen megfelelnek.

	Cement-tartalmon belül		Klinker-tartalomra vonatkoztatva
Cementfajta	Klinker-tartalom%	Kiegészítőanyag-tartalom%	Kiegészítőanyag-tartalom%
CEM I	**96**-100	–	–
CEM II/A -S -V	**80**-94	6-**20**	100×20/80 = 25,0
CEM II/B -S -V	**65**-79	21-**35**	100×35/65 = **53,8** *
CEM III/A	**35**-64	36-**65**	100×65/35 = 185,7
CEM III/B	**20**-34	66-**80**	100×80/20 = 400,0

Ha a CEM I -SR cementhez külön kohósalakot akarok adagolni, és azt akarom, hogy a keverék a CEM II/B-S cementre hasonlítson, akkor a cement tömegére vett 53,8% ~ 55,0% kohósalakot kell a cementhez keverni.

Ugyanis Kiegészítőanyagtartalom = 0,538×Cementtartalom esetén ugyanazt a kiegészítőanyag/klinkertartalom arányt kapjuk, mint amivel a CEM II/B rendelkezik (a keverék mintegy kétharmada klinker és egyharmada granulált kohósalak lesz, például az XA5(H) környezeti osztályban: 100×126,9/380,8 = 33,32%).

A CEM I-SR + kohósalak keverék összetételét ezért határoztam meg így: CEM I-SR + (50-55)% S

* Ha figyelembe veszem az 5% mellékalkotót, akkor 100×35/60 = = 58,3% kiegészítőanyagtartalom adódik.